

Entwicklung eines Anlagenkonzepts für das Ablängen und die Vorbearbeitung von Rohlingen für OCTG Muffen

Diplomarbeit

von

Matthias Grasser

erstellt am

Lehrstuhl für Fördertechnik und Konstruktionslehre
an der Montanuniversität Leoben



Betreuer:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Franz Alois Kessler

Dipl.-Ing. Peter Winkler (voestalpine Tubulars)

Inhaltsverzeichnis:

1.	Ziel der Arbeit	6
2.	Einblick in die voestalpine Tubulars	7
2.1	Einblick in die Gewindeschneidbetriebe TN3	8
2.2	Muffenfertigung TN32	8
2.2.1	Produktionschritte	9
2.2.2.1	Vorrohr	9
2.2.2.2	Schneiden von Rohlingen	9
2.2.2.3	Gewindeschneiden	10
2.2.2.4	Qualitätskontrolle	11
2.2.2.5	MPI Prüfung	12
2.2.2.6	Phosphatieren	12
2.2.2	Erzeugte Gewindetypen	13
2.2.2.1	API Tubing EU, NU	13
2.2.2.2	API Casing LC, SC	14
2.2.2.3	API Casing BC	15
2.2.2.4	VAGT Tubing & Casing	16
2.2.2.5	VAsuperior Casing	16
2.2.3	Produktionsstatistik 2013	17
3.	Anforderungen an das Trennaggregat	18
4.	Gegenüberstellung gängiger Trennverfahren	19
4.1	Spanloses Trennen	19
4.2	Rohrlaserschneiden	20
4.3	Wasserstrahlschneiden von Rohren	21
4.3.1	Reinwasserschneiden	22
4.3.2	Abrasivschneiden	22
4.4	Bandsägen Allgemein	24
4.4.1	Die Grundlagen des Bandsägens	24
4.4.2	Typen von Bandsägemaschinen (BSM)	24
4.4.2.1	Bandsägemaschinen mit Schwenkrahmen	24
4.4.2.2	Bandsägemaschinen mit 2-Säulenführung	25
4.4.2.3	Vertikale Bandsägen (Blockbandsägemaschinen)	26
4.4.2.4	Vertikalbandsäge für den Werkzeugbau	26

4.4.2.5	Bügelsägen	27
4.4.3	Bandsägeblätter (BSB)	28
4.4.3.1	Anordnung der Schneidzähne	28
4.4.3.2	Schneidzahn- Teilungen und Formen	29
4.4.3.3	Bimetallsägebänder	30
4.4.3.4	Hartmetallsägebänder	30
4.4.4	Typische Schnittgeschwindigkeiten beim Bandsägen	31
4.4.5	Beispiel für Hartmetall Bandsägen	32
4.4.5.1	Kasto Baureihe tec	32
4.5	Kreissägen	35
4.5.1	Grundlagen des Kreissägens	35
4.5.2	Schneidstoffe und Beschichtungen	35
4.5.2.1	PVD und CVD Beschichtungen	36
4.5.3	Schneidzahn- Typen und Formen	37
4.5.3.1	Vor- und Nachschneider	38
4.5.3.2	Spanteiler - Rillen	38
4.5.3.3	HMX	38
4.5.4	Typische Schnittgeschwindigkeiten beim Kreissägen	39
4.5.5	Typische Probleme im Einsatz	39
4.5.6	Hartmetall (HM) Blätter	40
4.5.7	Scheibenfräser	41
4.5.8	Beispiel für Hartmetall Kreissägen	42
4.5.8.1	KASTO Baureihe speed	42
4.5.8.2	Linsinger Baureihe KSA	44
5.	Spezielle Trenntechnologien für Rohre	48
5.1	Stechen mit rotierenden Werkzeugen	48
5.1.1	Reika Rohrabstechmaschine Modell 254/CNC	48
5.1.1.1	Funktionsablauf	49
5.1.1.2	Technische Daten	50
5.1.1.3	Taktzeiten	50
5.2	Stechen mit rotierendem Werkstück	51
5.2.1	EMAG CNC Einspindel Drehzentrum Typ USC 21-290 R	51
5.2.1.1	Maschinenkonzept	52
5.2.1.2	Funktionsablauf	52
5.2.1.3	Maschinenteile	53

5.2.1.4	Technische Daten	55
5.2.1.7	Taktzeiten	56
5.3	Wirbelfräsen	57
5.3.1	Reika RingSaw Modell CSM 105	58
5.3.1.1	Funktionsablauf	58
5.3.1.2	Maschinenteile	58
5.3.1.3	Vorteile	60
5.3.1.4	Technische Daten	61
5.3.1.5	Taktzeiten	62
5.3.2	Linsinger Rohrtrennmaschine RTM 420	62
5.3.2.1	Maschinenteile	62
5.3.2.2	Vorteile	64
5.3.2.3	Technische Daten	64
5.4	Spezielle Kreissägen	65
5.4.1	Plantool PTS 3-280.....	65
5.4.1.1	Funktionsablauf	66
5.4.1.2	Maschinenteile	67
5.4.1.3	Vorteile	69
5.4.1.4	Technische Daten	69
5.4.1.5	Schnittdaten	70
5.4.1.6	Taktzeiten	70
5.4.2	Linsinger Rohrtrennmaschine Multicut MC2/MC3	71
5.4.2.1	Funktionsablauf	71
5.4.2.2	Maschinenteile	73
5.4.2.3	Vorteile	73
5.4.2.4	Technische Daten	73
5.4.2.5	Taktzeiten	74
6.	Bewertung der gängigen Trennverfahren	75
6.1	Fazit	75
7.	Vergleich der speziellen Trennverfahren für Rohre	76
7.1	Beschreibung der Methodik	76
7.2	Reika Rohrabstechmaschine 254/CNC	76
7.2.1	Zusammenfassung der Reika Rohrabstechmaschine 254/CNC.....	76
7.3	EMAG CNC Einspindel Drehzentrum USC 21-290 R	77
7.3.1	Zusammenfassung der EMAG CNC Einspindel Drehzentrum USC 21-290 R.....	77

7.4	Reika Ring Saw CSM 105	78
7.4.1	Zusammenfassung der Reika Ring Saw CSM 105	78
7.5	Linsinger Rohrtrennmaschine RTM 420	79
7.5.1	Zusammenfassung der Linsinger Rohrtrennmaschine RTM 420.....	79
7.6	Plantool PTS 3-280.....	80
7.6.1	Zusammenfassung der Plantool PTS 3-280:	80
7.7	Linsinger Rohrtrennmaschine Multicut MC3	81
7.7.1	Zusammenfassung der Linsinger Rohrtrennmaschine Multicut MC3	81
8.	Vorbearbeitung der Muffenrohlinge.....	82
8.1	Vertikaldrehen.....	83
8.1.1	Vorteile des Vertikaldrehens	83
8.1.2	EMAG CNC-Zweispindeldrehzentrum Typ VSC 400 DUO CM.....	84
8.1.2.1	Funktionsablauf	85
8.1.2.2	Maschinenteile	87
8.1.2.3	Technische Daten	90
8.1.2.4	Vorteile dieser Muffenbearbeitungsmaschinen	91
9	Wirtschaftlichkeitsrechnung Rohlingsvorbearbeitung.....	92
9.1	Dynamische Investitionsrechnung	92
9.1.1	Annuitätenmethode	92
9.1.2	Annuitätenberechnung	92
10.	Einbindung der Anlage in die Muffenfertigung.....	93
10.1	Derzeitiger Stand	93
10.2	Layout - Konzept.....	94

1. Ziel der Arbeit

Im OCTG (Oil Country Tubular Goods) Bereich besteht zunehmend der Bedarf nach Schraubverbindungen, die hohe Drehmomente übertragen können. Seitens des Verbindungsdesigns wird dieser Forderung mit vergrößerten Querschnittsflächen im Bereich der Drehmomentschulter Rechnung getragen.

Für gasdichte Muffenverbindungen ergibt sich daraus die Notwendigkeit nach immer dickwandigeren Muffenvorvohren.



Abb.: 1 Muffenvorvohre 4 ½" x 5,51

Die derzeit installierte Trenntechnologie ist nicht in der Lage, solche Rohre zu verarbeiten. Zusätzlich steigen bei diesen Produkten auf Grund des größeren zu zerspanenden Volumens die Laufzeiten bei der Fertigbearbeitung auf den Drehautomaten, während die effektive Laufzeit der Trennaggregate sinkt.

In dieser Arbeit soll ein Anlagenkonzept erarbeitet werden, das die Verarbeitung von dickwandigen Rohren ermöglicht und zusätzlich eine Vorbearbeitung des Rohteils erlaubt, um die den Gesamtdurchsatz der Fertigungslinie zu erhöhen. Diese Anlage soll in die bestehende Muffenfertigung eingebunden werden, sodass eine höhere Produktivität erzielt wird.

2. Einblick in die voestalpine Tubulars

Produktionsstandort: Kindberg



Abb.: 2 Hubschrauber Aufnahme der voestalpine tubulars (Quelle: va)

Der Standort Kindberg besteht aus 3 großen Produktionsbereichen:

- Nahtlosrohrwalzwerk TN1
- Adjustagebetriebe TN2
- Gewindeschneidbetriebe TN3

Ergänzt werden diese Produktionsbetriebe durch Abteilungen für elektrische und mechanische Instandhaltung. Zusätzlich sind auch Abteilungen für Verkauf, Beschaffung, Logistik, Personal und andere administrative Aufgaben direkt am Standort angesiedelt.

Die voestalpine Tubulars produziert nahtlose Stahlrohre mit einem Außendurchmesser bis zu 7 Zoll (177,8 mm). Pro Jahr werden ca. 420.000 Tonnen erzeugt. Die voestalpine Tubulars beschäftigt ca. 1200 Mitarbeiter (Stand 1. Juni 2014). Neben Produkten für die Öl- und Gasproduktion produziert voestalpine Tubulars Rohre auch für eine Reihe anderer Verwendungszwecke, wie Luppen für Ziehereien, mechanische Rohre, Kessel- und Wärmetauscherrohre sowie Druck- und Leitungsrohre. Anwendung finden diese Produkte zum Beispiel in der Nutzfahrzeuge- und Automobilindustrie, im Tunnelbau, in der Petrochemischen Industrie, im Kranbau und in Raffinerien.

Die voestalpine Tubulars ist ein Joint Venture zwischen zwei sehr erfolgreichen Unternehmen, der österreichischen voestalpine Gruppe und dem amerikanischen Konzern NOV Grant Prideco, einem der weltgrößten Produzenten von Drill Pipe und anderen Drilling Produkten.

2.1 Einblick in die Gewindeschneidbetriebe TN3

Die Gewindeschneidbetriebe TN3 bestehen aus 2 Teilbetrieben: dem Schneidbetrieb TN31 und der Muffenfertigung TN32.

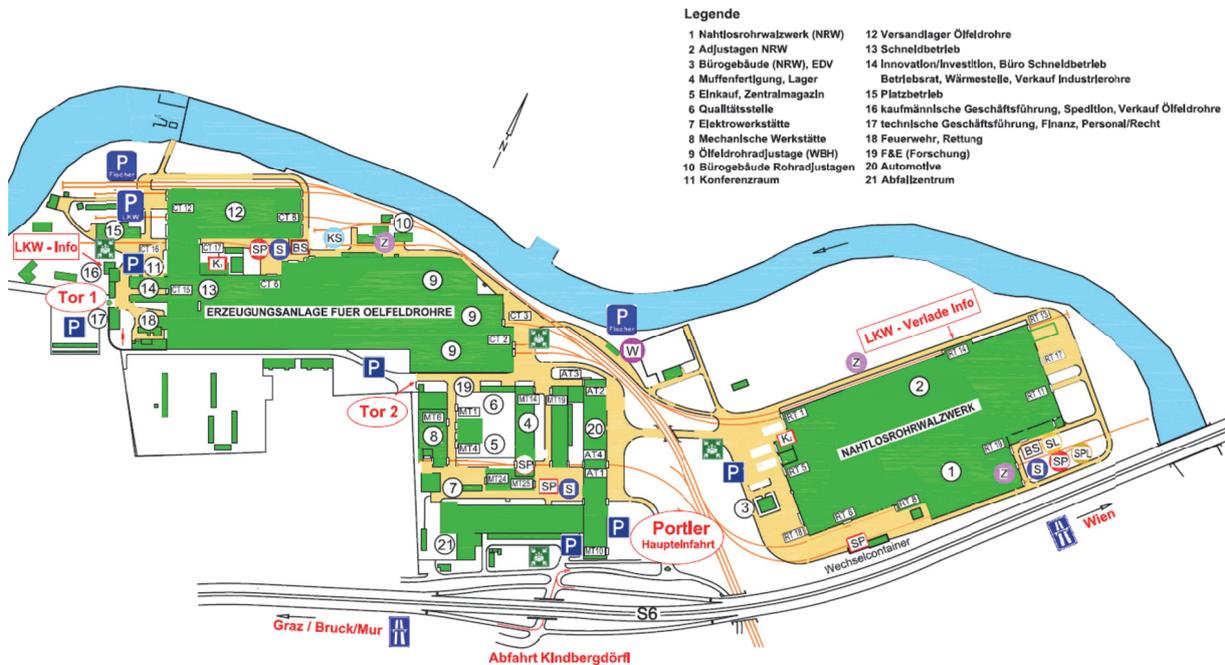


Abb.: 3 Orientierungsplan der voestalpine (Quelle: va)

Der Schneidbetrieb TN31 ist für die Rohrendenbearbeitung zuständig. Hauptsächlich werden mit CNC-Drehautomaten Gewinde verschiedenster Spezifikationen auf die Rohre geschnitten. Es werden aber auch Schweißfasen hergestellt. In weiterer Folge werden Muffen auf die Rohrenden geschraubt, diverse Prüfungen durchgeführt und die Rohre versandfertig gestellt.

2.2 Muffenfertigung TN32

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der Muffenfertigung. Die Muffenfertigung TN32 ist für die Produktion von Ölfeldrohrmuffen zuständig. Diese Muffen werden als Verbindungsstücke für Ölfeldrohre in der Öl- und Gasförderung eingesetzt. Die Verbindung von Rohren und Muffen wird über speziell entwickelte Gewinde hergestellt, wobei sich das Außengewinde am Rohr und das Innengewinde in der Muffe befindet.

Die Palette der Gewinde reicht von flüssigkeitsdichten Verbindern für die Ölförderung bis hin zu gasdichten Verbindungen.

Komplettiert wird das Erzeugungsprogramm durch Achs- und Tragrohre für den Nutzfahrzeugbau. Zusätzlich werden auch Drehteile, wiederum für den Nutzfahrzeugbau, erzeugt.

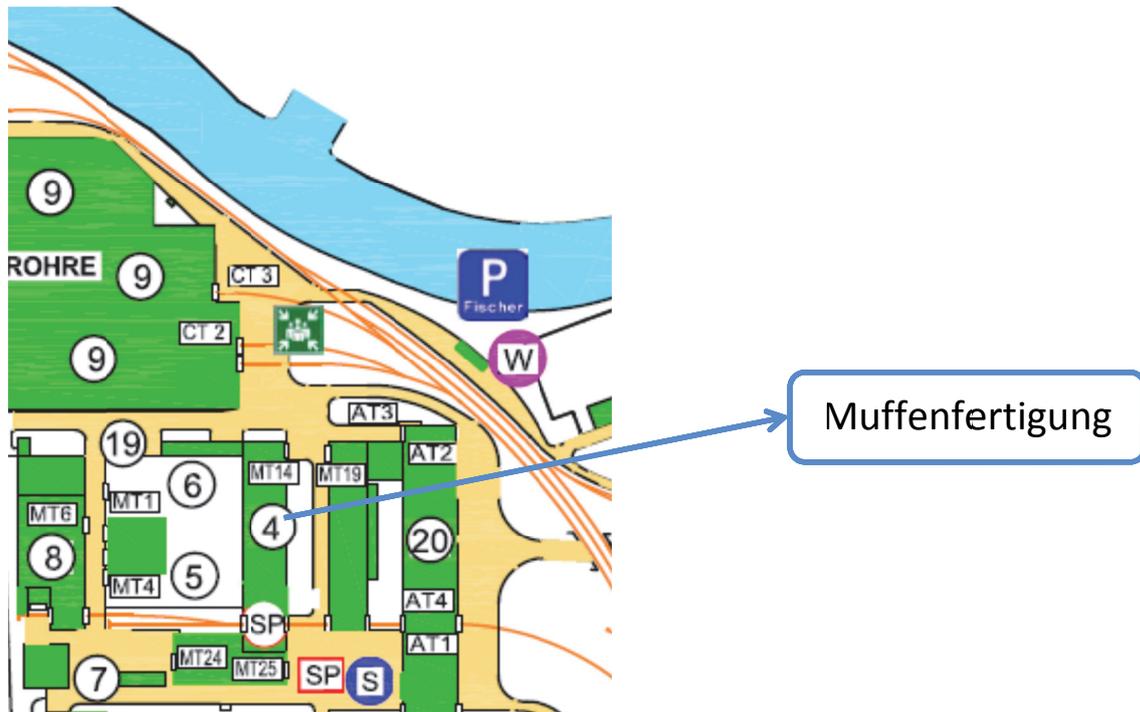


Abb.: 4 Ausschnitt des Orientierungsplans der voestalpine

Die Muffenfertigung wurde 1982 im Zuge der Restrukturierung des Werkes Kindberg installiert.

2.2.1 Produktions Schritte

Alle Aufträge werden in einem zentralen Werksrechnersystem erfasst und in ihrem Produktionsfortschritt verfolgt. Die zentrale Produktionslogistik ist verantwortlich für die zeitgerechte Fertigstellung der bestellten Waren. Entsprechend der Auslieferungstermine gibt die zentrale Produktionslogistik den einzelnen Produktionsbetrieben die Aufträge für einen bestimmten Zeitraum vor. Diese werden von der Arbeitsvorbereitung im Produktionsbetrieb im Zuge der betrieblichen Feinplanung bearbeitet und in Produktion gebracht.

2.2.2.1 Vorrohr

Nach Auftragseingang ermittelt die AV durch Abgleich mit vorhandenen Lagermengen den Vorrohrbedarf und platziert bei der zentralen Produktionslogistik eine entsprechende Vorrohrbestellung. Die Vorrohre werden in TN1 entsprechend der Auftragspezifikation gewalzt und anschließend in TN2 wärmebehandelt, adjustiert und geprüft. Anschließend werden die Rohre an TN32 geliefert und im Vormateriallager zur weiteren Verwendung zwischengelagert.

2.2.2.2 Schneiden von Rohlingen

Erster Schritt vom Vorrohr zur Muffe ist das Ablängen auf Rohlingslänge. Das Schneiden erfolgt auf Rohrtrennmaschinen, von denen 4 Stück in TN32 vorhanden sind. Diese Maschinen arbeiten nach dem Wirbelfräsverfahren, bei dem sich ein Innenwerkzeug exzentrisch um die Rohrachse bewegt und die Rohrwand stückweise durchtrennt. Das Verfahren zeichnet sich durch niedrige Schnittkosten und hohe Prozesssicherheit aus. Die Bewegungen des Werkzeuges so wie auch der Längenvorschub sind CNC-gesteuert, was die Erzeugung eines qualitativ hochwertigen Schnitts hinsichtlich Längentoleranz und Winkeligkeit erlaubt.



Abb.: 5 Bestehende Abstechanlage der Firma Linsinger

Die Rohlinge können entweder über das automatische Transportsystem zu den Drehautomaten weitertransportiert oder bei Bedarf in Boxen zwischengelagert werden.

2.2.2.3 Gewindeschneiden

In diesem Fertigungsschritt werden in die Rohteile Innengewinde geschnitten und die Stirnflächen bearbeitet. Die Bearbeitung erfolgt zerspanend auf CNC-gesteuerten Drehautomaten.



Abb.: 6 Doppelspindelmaschinen der Firma Heid

In der Muffenfertigung sind 9 Drehautomaten installiert, von denen 8 als Doppelspindelmaschinen mit Schwenkfutter ausgeführt sind. Jede Doppelspindelmaschine besteht aus 2 direkt aneinander gebauten Drehmaschinen mit unabhängigen Schlittensystemen, Werkzeugwechsellköpfen, Futtern

und Steuerungen. Die Be- und Entladung erfolgt für beide Maschinenhälften über ein gemeinsames Portal.

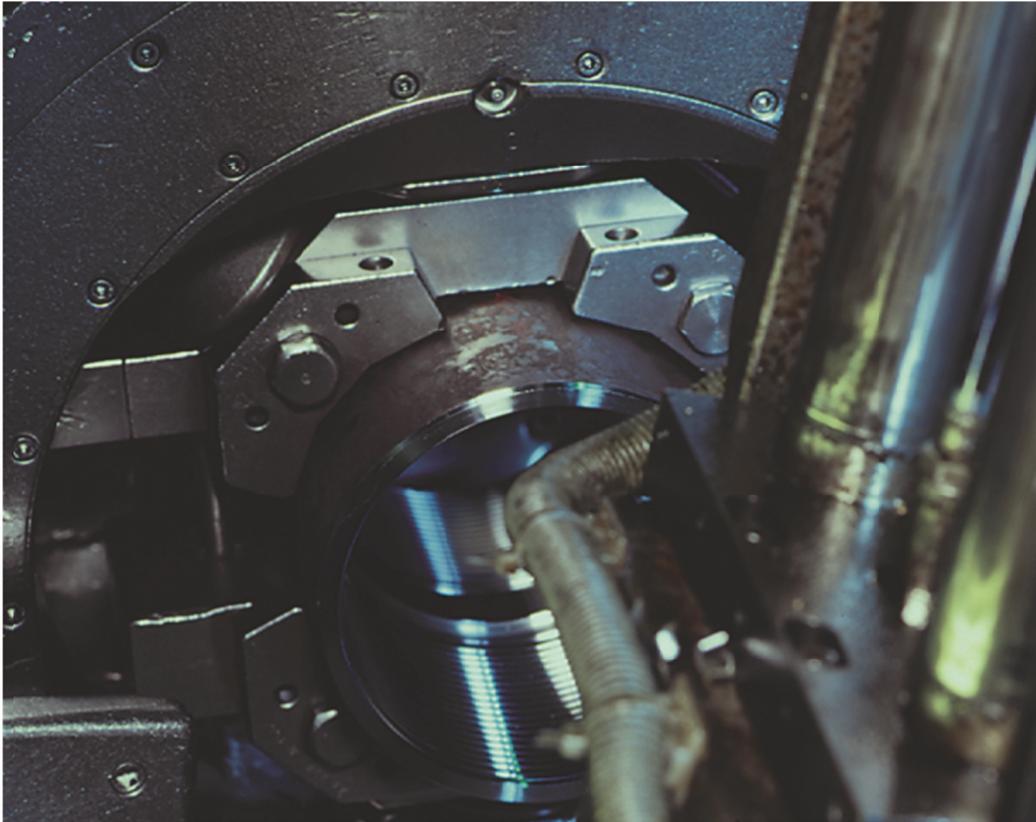


Abb.: 7 Schwenkfutter

Die Schwenkfuttertechnologie erlaubt die Bearbeitung von beiden Seiten des Werkstückes mit nur einem Schlitten und ohne das Werkstück umspannen zu müssen. Das Werkstück wird in der Maschine gewendet und von der 2. Seite bearbeitet.

Der Werkzeugwechselkopf hat 4 Stationen und ist für den Aufbau von Kombiwerkzeugen für die Muffenbearbeitung optimiert. Jede Maschinenhälfte besitzt einen Schlitten mit 2 Achsen. Die Achsbewegungen werden über Kugelrollspindeln erzeugt, die von Servomotoren angetrieben werden. Die Schlittenposition wird über Glasmessstabsysteme überwacht.

Die mechanischen Grundkomponenten der Maschinen stammen aus dem Jahr 1982. Alle acht Maschinen wurden im Rahmen eines Investitionsprojektes in den letzten Jahren hinsichtlich Steuerungs- und Antriebstechnik generalüberholt. Die Schlitten wurden im Zuge dieses Projektes neu konstruiert, um die Stabilität der Maschinen zu erhöhen.

2.2.2.4 Qualitätskontrolle

Jede Muffe wird nach der Bearbeitung einer Gewindeinspektion unterzogen. Dabei wird das Gewinde visuell kontrolliert und die wichtigsten Gewindeparameter wie Gewindedurchmesser, Steigung etc. werden gemessen und dokumentiert. Für die Messungen sind spezielle Messgeräte erforderlich. Die Kontrolle wird von speziell geschultem Personal durchgeführt.

2.2.2.5 MPI Prüfung

Bei der Magnetic Particle Inspection (auch genannt Fluxen) wird das Werkstück an der Innen- und Außenoberfläche auf Risse untersucht. Dieses zerstörungsfreie Prüfverfahren gehört zu den magnetischen Streuflussverfahren. Dabei wird im Prüfling ein Magnetfeld erzeugt. Oberflächennahe Risse im Werkstück führen zum Austreten des Magnetfeldes aus der Werkstückoberfläche. Auf diese Weise können Risse detektiert werden.

Im ersten Schritt wird der Prüfling mit der Prüfflüssigkeit gespült, die fluoreszierend magnetische Partikel enthält. Danach wird der Prüfling längs und quer zur Werkstückachse magnetisiert, um Fehler in Längs- und Querrichtung feststellen zu können. Tritt das Magnetfeld auf Grund eines Risses aus der Werkstückoberfläche aus, lagern sich die magnetischen Partikel der Prüfflüssigkeit dort an. Diese Anlagerungen werden für den Prüfer unter UV-Licht sichtbar.

Risse an der Außenoberfläche dürfen durch Schleifen repariert, wenn nach dem Schleifen die zulässigen Außendurchmessertoleranzen eingehalten werden. Risse an der Innenoberfläche (=im Gewinde) sind irreparabel und führen zur Verschrottung des Teiles.

Die Muffenfertigung verfügt über 2 MPI Anlagen, wobei eine als Gleichstromprüfanlage und die zweite als Wechselstromprüfanlage konzipiert ist. Beide Anlagen sind für den Abmessungsbereich von 1,66'' bis 7'' ausgelegt.

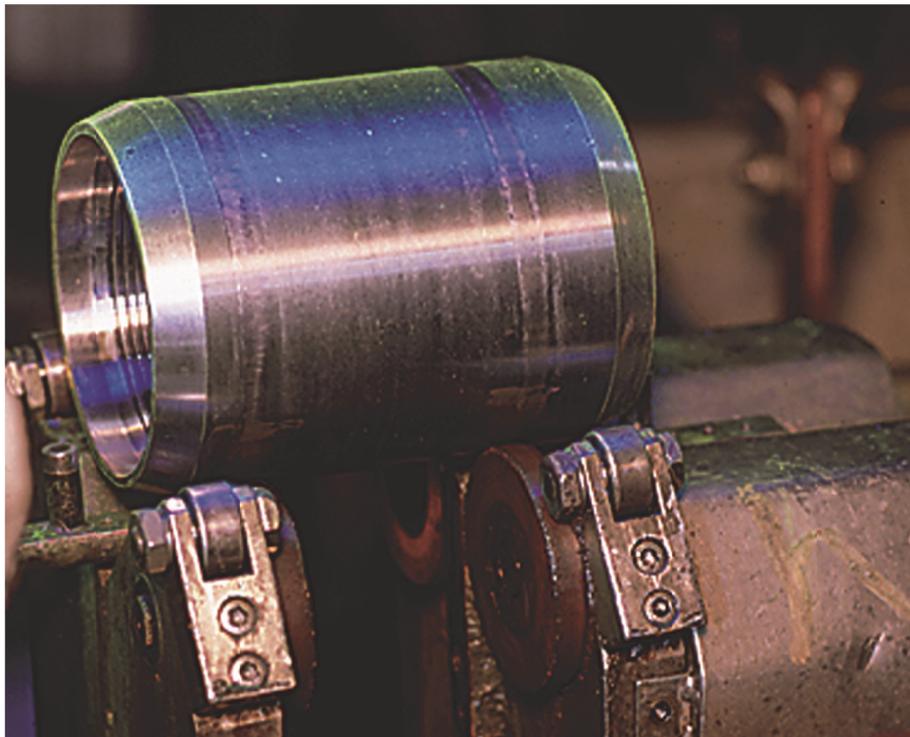


Abb.: 8 Magnetic Particle Inspection

2.2.2.6 Phosphatieren

Das Phosphatieren ist ein nasschemisches Verfahren zur Oberflächenbehandlung. Dabei wird in einem Tauchbad an der metallischen Oberfläche des Werkstückes eine feinkristalline Manganphosphatschicht abgeschieden. Die Schicht ist typischerweise 7 bis 15 µm dick.

Diese Beschichtungen werden bei einem externen Partner zugekauft. Die Phosphatschicht hat verschiedene Aufgaben zu erfüllen:

- Sie dient als in Verbindung mit der nachfolgenden Passivierung als Korrosionsschutz während der Zwischenlagerung.
- Beim Verschrauben trennt die Phosphatschicht Außen- und Innengewinde und verhindert so ein Verreiben der Teile.
- Beim Verschrauben werden i.A. Schmierstoffe zur Reibungsminderung eingesetzt. Die poröse Phosphatschicht dient als Trägerschicht für den Schmierstoff und verhindert ein Abreißen des Schmierfilms.

Die Muffenfertigung verfügt über eine Phosphatieranlage mit vollautomatischem Teiletransport, in der alle notwendigen Prozessschritte vom Reinigen der Oberfläche bis zum Passivieren der phosphatierten Teile durchgeführt werden.

Alternativ zur Phosphatierung können auf Kundenwunsch die Gewinde mit weichmetallischen Schichten aus Kupfer oder Zinn versehen werden.

2.2.2 Erzeugte Gewindetypen

2.2.2.1 API Tubing EU, NU

EU-Gewinde (external upset) und NU-Gewinde (non upset) werden für Tubing Rohre (Förderrohre für die Ölproduktion) nach der Norm API 5CT verwendet. Die Gewindeform entspricht einem Dreiecksgewinde mit 60° Flanken und einer Steigung von 8 Gang / Zoll oder 10 Gang / Zoll (je nach Abmessung und Ausführung).

Optional können diese Gewinde mit einem Teflon-Dichtring gefertigt werden, wenn höhere Anforderungen an die Dichtigkeit gefordert sind.

Der Unterschied zwischen NU und EU liegt im Durchmesser des Rohrendes. Während NU-gewinde auf den glatten Rohrkörper geschnitten werden, sind bei EU Gewinden die Rohrenden durch Aufstauchen verdickt. Damit wird eine höhere Belastbarkeit der Gewindeverbindung erreicht, die bei EU-Gewinden immer größer ist, als die Grenzlaster des Rohrkörpers.

Abmessung [Zoll]	EU			NU		
	Steigung [Gänge/Zoll]	Gewindehöhe [mm]	Muffenlänge [mm]	Steigung [Gänge/Zoll]	Gewindehöhe [mm]	Muffenlänge [mm]
1,66	8	1,81	95,25	10	1,41	88,9
1,9	8	1,81	98,43	10	1,41	95,25
2,375	8	1,81	123,83	10	1,41	107,95
2,875	8	1,81	133,35	10	1,41	130,18
3,5	8	1,81	146,05	10	1,41	142,88
4	8	1,81	152,04	8	1,81	146,05
4,5	8	1,81	158,75	8	1,81	155,58

Tab.: 1 Abmessungen EU & NU Gewinde

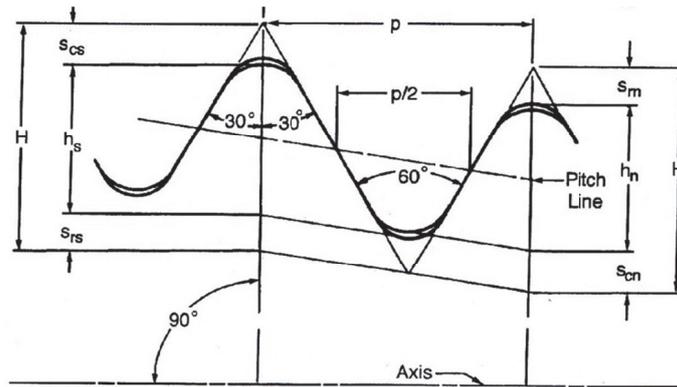


Abb.: 9 Skizze eines EU & NU Gewindes

2.2.2.2 API Casing LC, SC

LC-Gewinde (long casing) und SC-Gewinde (short casing) werden für Casing Rohre (Futterrohre für die Ölproduktion) nach der Norm API 5CT verwendet. Die Gewindeform entspricht einem Dreiecksgewinde mit 60° Flanken und einer Steigung von 8 Gang / Zoll.

Optional können diese Gewinde mit einem Teflon-Dichtring gefertigt werden, wenn höhere Anforderungen an die Dichtigkeit gefordert sind.

Der Unterschied zwischen LC- und SC Gewinden liegt in der Gewindelänge. SC Gewinde sind kürzer, was billiger in der Produktion ist, aber die Belastbarkeit der Verbindung verringert.

Abmessung [Zoll]	LC			SC		
	Steigung [Gänge/Zoll]	Gewindehöhe [mm]	Muffenlänge [mm]	Steigung [Gänge/Zoll]	Gewindehöhe [mm]	Muffenlänge [mm]
4,5	8	1,81	177,8	8	1,81	158,75
5	8	1,81	196,85	8	1,81	165,1
5,5	8	1,81	203,2	8	1,81	171,45
6,625	8	1,81	225,25	8	1,81	184,15
7	8	1,81	228,6	8	1,81	184,15

Tab.: 2 Abmessungen LC & SC Gewinde

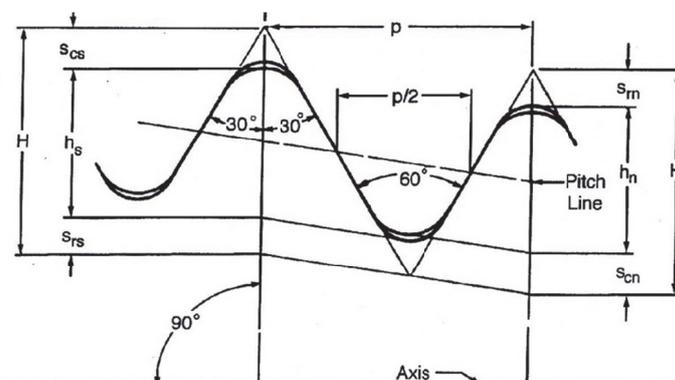


Abb.: 10 Skizze eines LC & SC Gewindes

2.2.2.3 API Casing BC

BC-Gewinde (buttress casing) werden für Casing Rohre (Futterrohre für die Ölproduktion) nach der Norm API 5CT verwendet. Die Gewindeform entspricht einem Trapezgewinde mit einer 10° Flanke und einer 3° Flanke. Die Steigung beträgt 5 Gang / Zoll.

Optional können diese Gewinde mit einem Teflon-Dichtring gefertigt werden, wenn höhere Anforderungen an die Dichtigkeit gefordert sind.

Buttress Gewinde zeichnen sich durch kurze Verschraubzeiten wegen der großen Steigung und durch hohe Belastbarkeit des Gewindes aus. Buttress Gewinde dienen auch als Basis für viele hochwertige gasdichte Verbindungen.

Abmessung	BC		
[Zoll]	Steigung [Gänge/Zoll]	Gewindehöhe [mm]	Muffenlänge [mm]
4,5	5	1,575	225,4
5	5	1,575	231,8
5,5	5	1,575	235
6,625	5	1,575	244,5
7	5	1,575	254,5

Tab.: 3 Abmessungen BC Gewinde

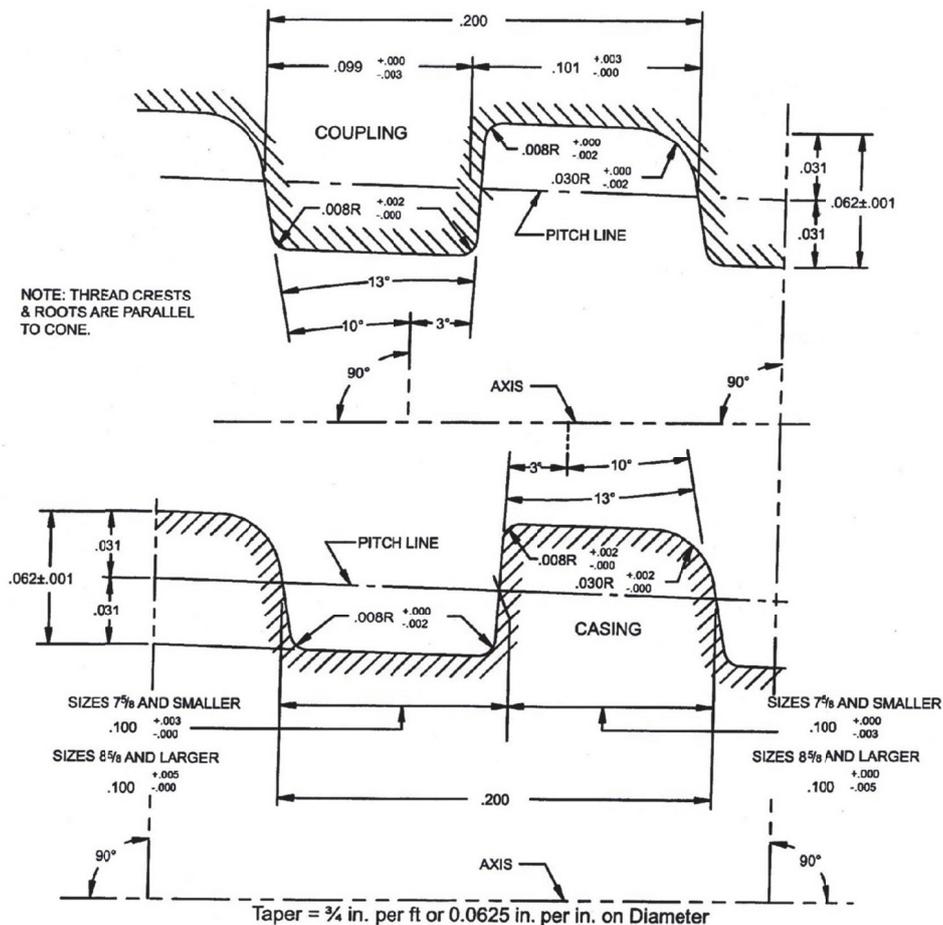


Abb.: 11 Skizze eines BC Gewindes

2.2.2.4 VAGT Tubing & Casing

Das Voest Alpine Gas Tight – Gewinde ist eine Eigenentwicklung der voestalpine Tubulars und gehört zur Familie der gasdichten Premiumverbindungen. Diese Gewindetypen werden als Futter- und Förderrohre für die Produktion von Erdgas und teilweise auch für geothermische Anwendungen eingesetzt.

Das Design von VAGT Verbindungen zeichnet sich durch eine konische Dichtfläche im Bereich der Muffenmitte aus. Diese Dichtfläche gewährleistet die Gasdichtheit auch bei höchsten Drücken (600 bar und darüber) ohne den Einsatz von zusätzlichen Dichtungen wie z.B. Teflonringen.

Die Gewindeform basiert auf dem API Buttress-Gewinde, einem Trapezgewinde mit einer 10° und einer 3° Flanke.



Abb.: 12 VAGT Gewindeverbindung

2.2.2.5 VAsuperior Casing

VAsuperior gehört zur Topliga der gasdichten Premiumverbindungen. Diese Gewinde wurde konzipiert, um höchsten Belastungen bei schwierigen Bohrungen zu widerstehen, wie z.B. bei stark abgelenkten oder horizontalen Bohrungen.

Wie das VAGT Gewinde verfügt VAsuperior über einen Dichtsitz in der Muffenmitte, der den Einsatz von Zusatzdichtungen überflüssig macht.

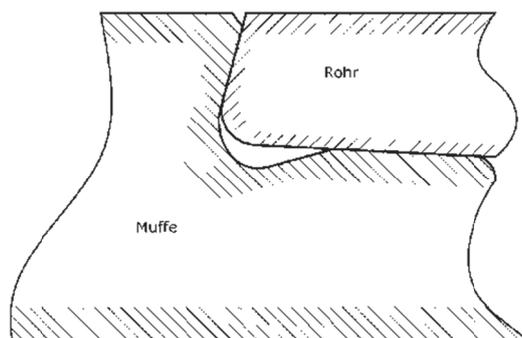


Abb.: 13 Schnittzeichnung einer VAsuperior Verbindung

Um den gestiegenen Anforderungen Rechnung zu tragen, wurde die Form dieses Dichtsitzes völlig neu entwickelt. Zusätzlich wurde das Gewinde, das auf einem API-Buttress-Gewinde basiert, weiterentwickelt.

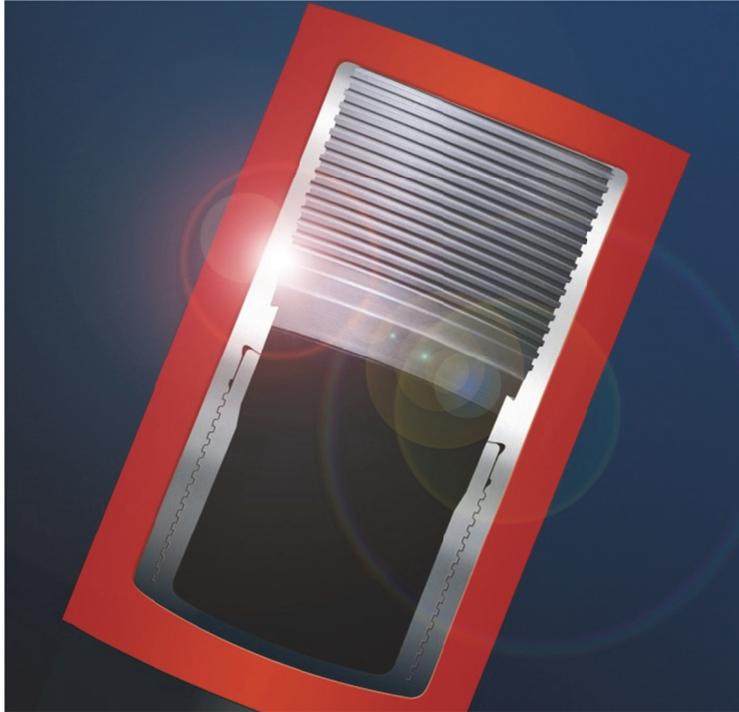


Abb.: 14 VASuperior Gewindeverbindung

2.2.3 Produktionsstatistik 2013

Derzeit beschäftigt die Muffenfertigung ca. 100 Personen im 4-Schicht-Betrieb. Im Kalenderjahr 2013 erzeugte die Muffenfertigung im 4-Schicht-Betrieb ca. 1.068.000 Stück Muffen, 35.000 Stück Tragrohre und 300.000 Drehteile für die Nutzfahrzeugindustrie. Dabei wurden ca. 13.500 to Material umgeschlagen.

In Tab.: 4 sieht man die erbrachten Schnittleistungen in m^2 der einzelnen Gewindearten bezogen auf das Kalenderjahr 2013.

m^2	Dimension											
Gewindeart	1,9"	2 3/8"	2 7/8"	3 1/2"	4"	4 1/2"	5"	5 1/2"	6 5/8"	7"	7,07"	Summe
BC						33,3	1,3	12,5	0,5	117		164,6
EU		76	271	209,6	22,1	42,6						621,3
EU TKC				46,5								46,5
FOX		3,7	4,6	6,7		2,1						17,1
JFEBEAR						7,4		9,6				17
LC						455,9	33,4	255,6		531		1275,9
NU	17,6		2,2	3,8		1,1						24,7
SC						0,7		1,2	0,3			2,2
VAGT	0	39,7	145,4	139,3	6,4	1636,8	50,5	105,7	56,1	227,9	19,7	2427,5
VAroughneck						59,2		20,2	2,7	10		92,1
VASuperior							8,7	1084,7	111,1	278,8		1483,3
Summe	17,6	119,4	423,2	405,9	28,5	2239,1	93,9	1489,5	170,7	1164,7	19,7	6172,2

Tab.: 4 Schnittleistung in m^2

In Tab.: 5 sieht man für jede Gewindeart die Stückzahl, die im Kalenderjahr 2013 produziert wurde.

Stück	Dimension											Summe
	1,9"	2 3/8"	2 7/8"	3 1/2"	4"	4 1/2"	5"	5 1/2"	6 5/8"	7"	7,07"	
BC						7.804	270	2.171	57	9.693		19.995
EU		32.492	83.099	42.139	3.972	6.459						168.161
EU TKC				7.027								7.027
FOX		1.401	1.218	1.573		350						4.542
JFEBEAR						1.231		1.207				2.438
LC						99.112	6.354	41.441		47.066		193.973
NU	13.527		696	867		188						15.278
SC						144		202	36			382
VAGT		16.618	51.909	36.571	1.278	325.891	7.303	13.242	4.871	20.544	1.747	479.978
VAroughneck						13.882		3.517	307	829		18.535
VAsuperior							1.254	122.923	9.644	24.316		158.137
Summe	13.531	50.511	136.922	88.177	5.250	455.061	15.181	184.703	14.915	102.448	1.747	1.068.446

Tab.: 5 Erzeugungsmengen OCTG-Muffen

In Abb.: 15 sieht man eine grafische Darstellung der produzierten Gewindeverbindungen.

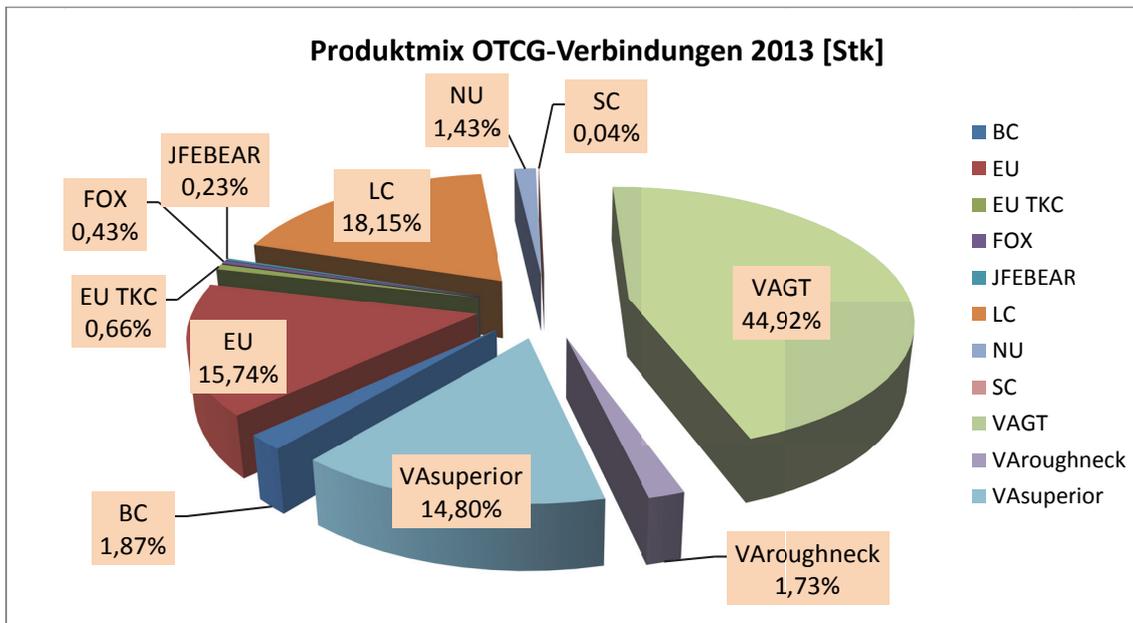


Abb.: 15 Muffenproduktion 2013

3. Anforderungen an das Trennaggregat

Die untersuchten Technologien sollte Muffenrohlinge mit den folgenden maximalen Abmessungen bearbeiten können:

Durchmesser	270 mm (derzeit 200mm)
Wanddicke	40 mm (derzeit 25mm)
Festigkeit	1200 MPa
Rohrlänge	10-15m

Tab.: 6 Anforderungen an die Anlage

Des Weiteren soll die Anlage bis zu vier vorhandene Drehautomaten versorgen können.

4. Gegenüberstellung gängiger Trennverfahren

4.1 Spanloses Trennen

Das Rohr wird von zwei um das Rohr umlaufenden runden Messer getrennt, das Rohr selbst steht still. Das Rohr wird mit einer Spannzange mittels hydraulischem Druck fest eingespannt. Ein stabiler Hochleistungsautomat wird zum spanlosen Trennen benötigt.

Dieses Verfahren kommt ohne Kühlschmiermittel aus und es verursacht auch keine Späne, ist aber nur bis zu einem begrenzten Durchmesser und Wanddicke einsetzbar.

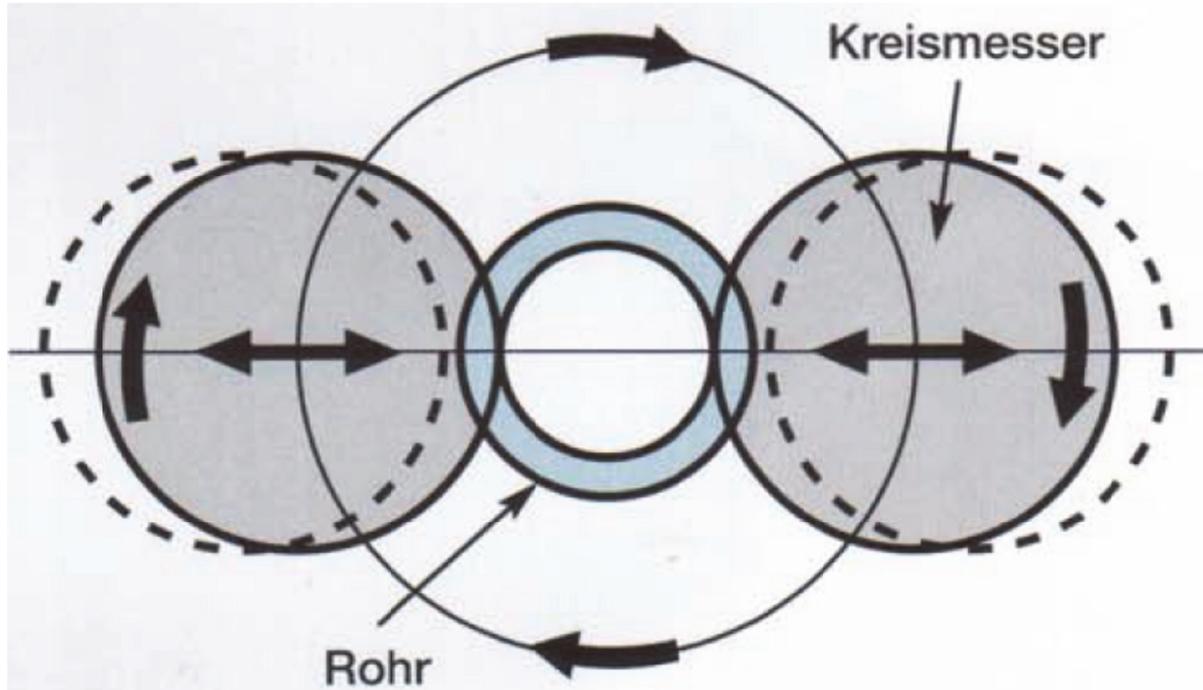


Abb.: 16 Prinzipskizze des Trennsystems (Quelle: Amada)

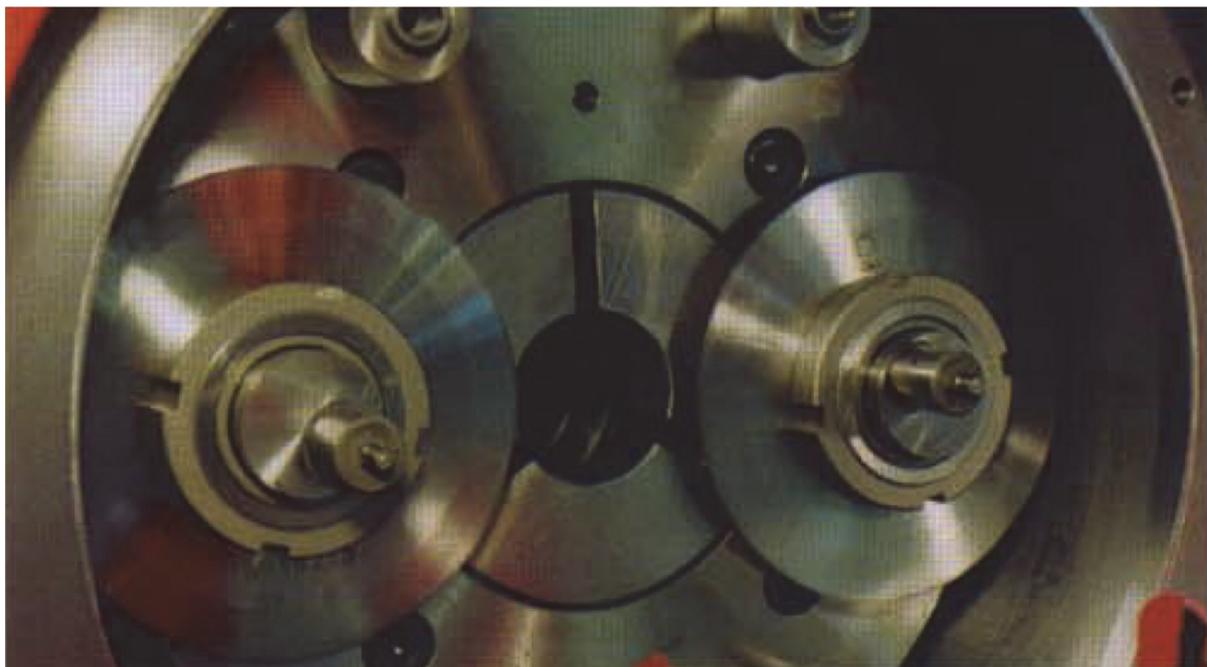


Abb.: 17 Spannzange mit Kreismesser (Quelle: Amada)

Vorteile:

- keine Beschädigung der Rohrrinnen- sowie Rohraußenfläche
- ideal für dünnwandige Rohre bis max. 6,2mm Wandstärke
- hohe Genauigkeit bei Abschnittlänge und Winkeligkeit
- hohe Trennleistung bei geringen Werkzeugkosten
- fast für alle Werkstoffe geeignet: Stahl, Rostfrei, Al, Cu, Kunststoff usw.
- kein Materialverlust

Technische Daten

Außendurchmesser (max.)	90mm
Außendurchmesser (min.)	31,8mm
Innendurchmesser (min.)	30mm
Wandstärke (max.)	6.2mm

Tab.: 7 Spanloses Trennen Daten (Quelle: Amada)

4.2 Rohrlaserschneiden

Dieses Verfahren beruht darauf, dass der fokussierte Laserstrahl auf die geneigte Schnittfront auftrifft, dort den Werkstoff aufschmilzt und ihn teilweise oder ganz verdampft. Die Rohrbearbeitung mittels Laser ermöglicht äußerst präzise Ergebnisse. Bei der Laserbearbeitung der Rohre kann zudem viel Zeit und auch Kosten eingespart werden.

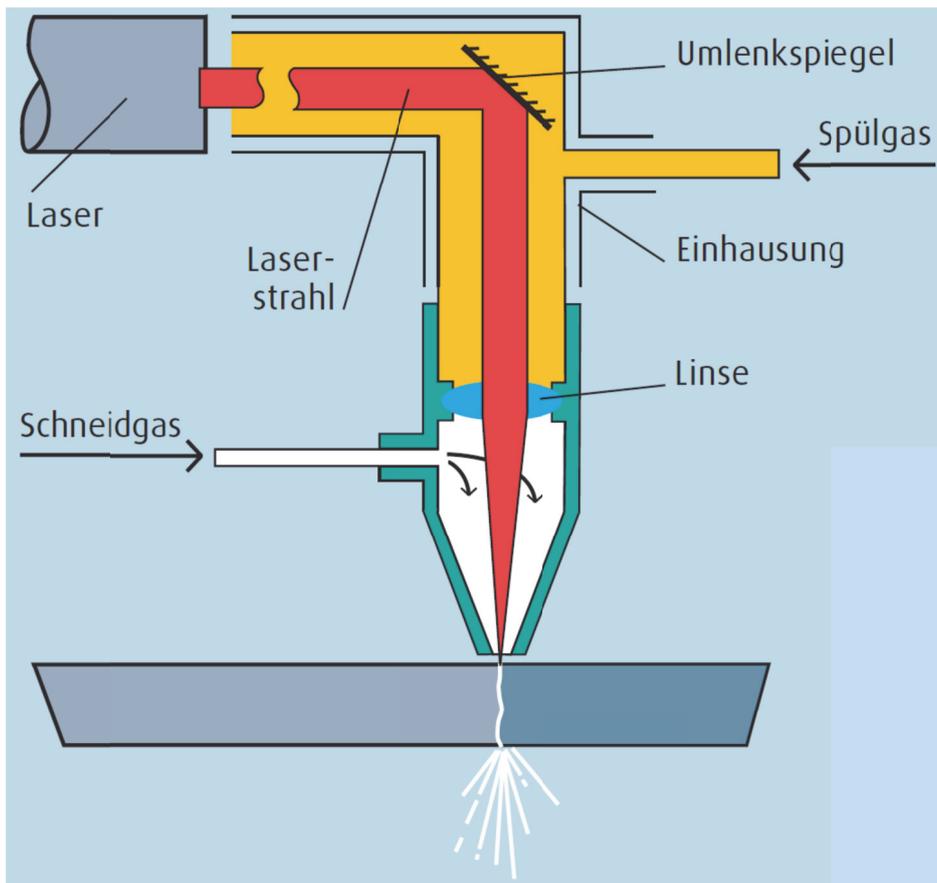


Abb.: 18 Darstellung des Laserstrahlschneidens (Quelle: Linde Gas)

In Abb.: 18 sieht man die Schematische Darstellung des Laserstrahlschneidens. Die Fokussierung erfolgt entweder mittels einer Spiegeloptik oder mit einer Linse.

Im hier gezeigten Fall müsste ein Fenster beim Strahleintritt in den Bearbeitungskopf für den Druckaufbau sorgen, während eine Linse auch die Funktion des druckdichten Elements übernimmt.

Ein großer Nachteil des Laserschneidens ist die Wärmeeinbringung in das Material, welche eine unerwünschte Gefügeveränderung zu Folge haben kann.

Technische Daten

Laserleistung	2,8 KW
Außendurchmesser (max.)	220mm
Außendurchmesser (min.)	20mm
Werkstückgewicht (max.)	35kg/lf. m
Wandstärke (max.)	Baustahl bis 15mm Edelstahl bis 12mm Aluminium bis 10mm

Tab.: 8 Laserschneiden Daten (Quelle: tube cut)

4.3 Wasserstrahlschneiden von Rohren

Beim Wasserstrahlschneiden wird das zu bearbeitende Material durch einen Hochdruckwasserstrahl getrennt. Dieser Strahl hat einen Druck von bis zu 6000 bar und erreicht Austrittsgeschwindigkeiten von bis zu 1000 m/s.

Das Schneidgut erwärmt sich dabei kaum. Daher eignet sich das Verfahren, im Gegensatz zum Laserschneiden, auch zum Schneiden von gehärtetem Stahl.

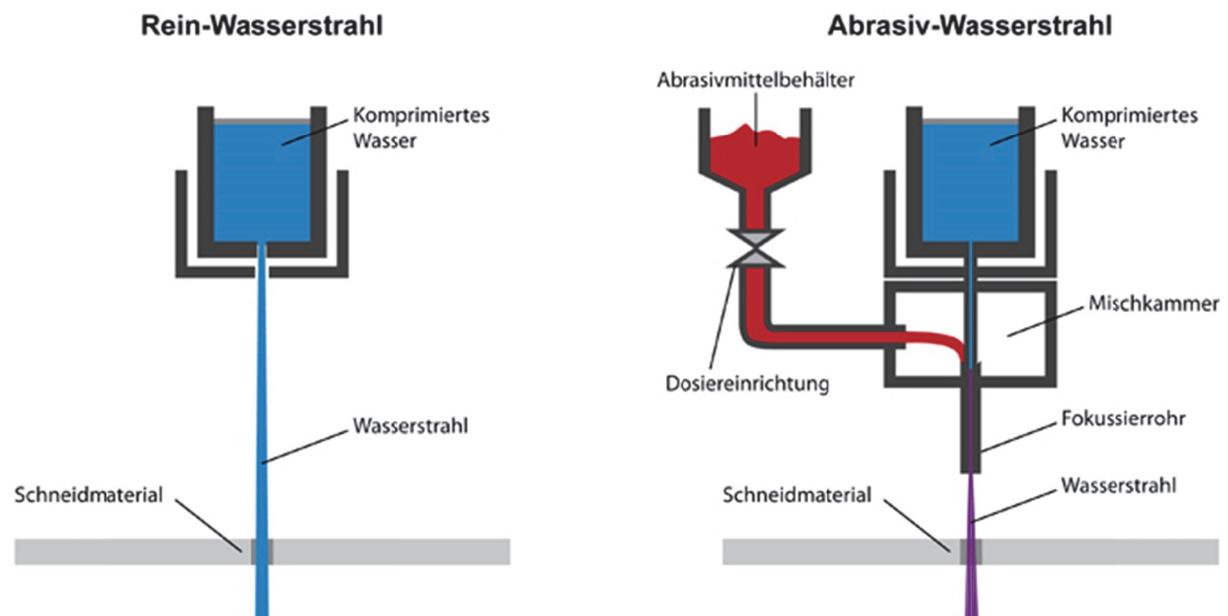


Abb.: 19 schematischer Aufbau der Wasserstrahlverfahren (Quelle: Prokotec)

4.3.1 Reinwasserschneiden

Beim Reinwasserschneiden wird lediglich die Strahlenergie des Wassers ausgenutzt. Die Schneidleistung in harten Materialien ist sehr begrenzt. Allerdings kann bei weichen Materialien der Schnittpalt lediglich 0,1 mm betragen. Zur Strahlbündelung können Polymere zugesetzt werden.

Durch neueste Technologie im Hochdruckpumpensektor können Materialien wie Aluminium bis etwa vier Millimeter Dicke ohne Verwendung von Abrasivmitteln mit einem 6.000bar - Wasserstrahl getrennt werden.

4.3.2 Abrasivschneiden

Zur Erhöhung der Schneidleistung wird dem Wasser häufig ein Schneidmittel, ein sogenanntes Abrasiv, zugesetzt. Erst durch die Beimengung eines solchen Abrasivs (wie z. B. Granat oder Korund) ist es möglich, härtere Materialien zu schneiden, die mit reinem Wasserstrahl nicht trennbar sind, oder deren Bearbeitung mit Purwasser nicht wirtschaftlich ist, bzw. wo eine höhere Schnittqualität verlangt wird. Zuerst wird durch die Reinwasserdüse das hochkomprimierte Wasser zu einem Strahl von etwa 0,25–0,4 mm (düsenabhängig) geformt.

Dieser Strahl schießt durch die Mischkammer mit bis zu 1.000 m/s und erzeugt somit einen Unterdruck im Schneidkopf. Durch eine kleine Öffnung im Schneidkopf kann jetzt Abrasivmittel in die Mischkammer gesaugt und mit dem Wasserstrahl vermischt werden. Das Wasser-Abrasiv-Gemisch wird dann durch die nachgeschaltete Abrasivdüse fokussiert und tritt mit einem Durchmesser von in der Regel 0,8 oder 1 mm aus.

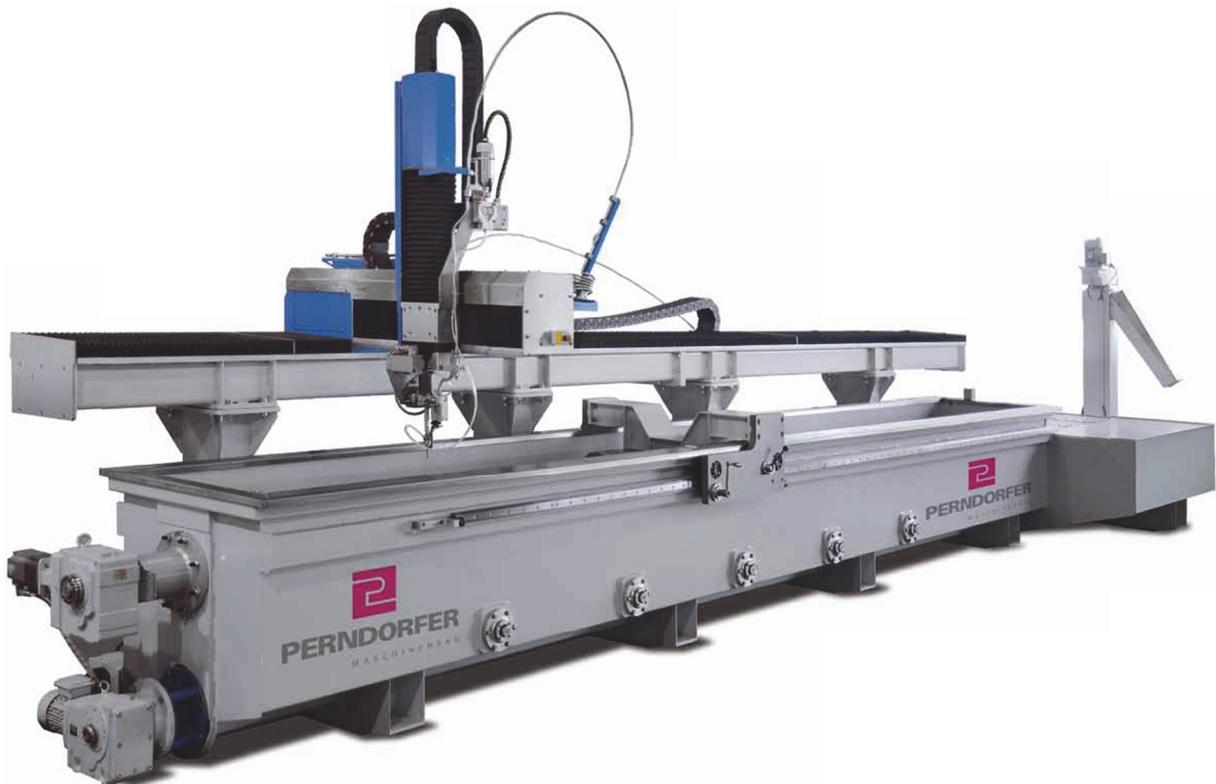


Abb.: 20 Rohrschneidanlage der Firma Perndorfer

Auf einer Standard 2D-Maschine mit einer zusätzlichen Drehachse können Rohre von 50-600mm Durchmesser von außen geschnitten werden, wobei Catcher im Inneren während des Schneidens die

Rohrinnenwände schonen. Optionale Spülvorrichtungen unterstützen den Abtransport des abgetragenen Materials.

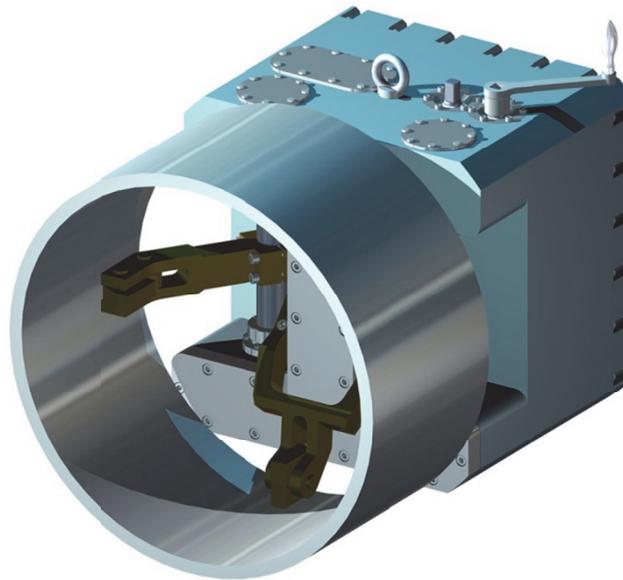


Abb.: 21 Spannkopf für Rohre der Firma Perndorfer

Mit dem variablen Spannkopf können ganz ohne Umbauarbeiten neben Rundrohren und I-Trägern auch Formrohre gespannt werden. Mit Wasserstrahl ist die Bearbeitung dickerer Wandstärken kein Problem, so können Stahlrohre mit einer Wandstärke von 60mm und mehr, mühelos bearbeitet werden.

Vorteile der Wasserstrahlschneidtechnik:

- keine Wärmezonen, Spannungen, Rissbildung, Materialverformung, Gefügeänderung
- geringe Umweltbelastung: Kein Staub, Rauch oder Dämpfe
- geringe Schnittfugenbreite, wenig Materialabtrag, gute Ausnutzung
- keine Dickeneinschränkungen
- hohe Schnittkantenqualität, nur selten Nachbearbeitung erforderlich

Nachteile der Wasserstrahlschneidtechnik:

- geringe Schnittgeschwindigkeit
- Feuchtigkeit und direkter Wasserkontakt
- daher ergeben sich potentielle Einschränkungen bei Großserienfertigung
- teure Anlagenkomponenten (Druck bis 6.000bar)

Technische Daten

Schnittbreite (max)	1mm
Außendurchmesser (max.)	600mm
Außendurchmesser (min.)	50mm
Rohrlänge (max.)	6m
Wandstärke (max.)	Stahlrohre ca. 60mm

Tab.: 9 Wasserstrahlschneiden Daten (Quelle: Perndorfer)

4.4 Bandsägen Allgemein

4.4.1 Die Grundlagen des Bandsägens

Beim Bandsägen schneidet ein endloses Bandsägeblatt in eine Richtung und in einem gleichmäßigen Schneidvorgang mit gleichmäßig verteilter, niedriger Belastung pro Schneidezahn. Die erzeugten Späne haben konstante Dicken. Bandsägen können für Abtrenn-Vorgänge, für das Sägen gerader Schnitte oder für das Sägen von Konturen eingesetzt werden.

Eine weitere Variante ist die Bügelsäge. Eine Bügelsäge ist durch das in einen U-förmigen, nach unten offenen Bügel eingespannte Sägeblatt und die hin- und hergehende Bewegung gekennzeichnet.

Bügelsägen gibt es sowohl als Hand- als auch als Maschinensägen. Von Vorteil ist bei der Bügelsäge, dass das Sägeblatt sehr schmal sein kann, wodurch der zu zerspanende Werkstoff und damit auch die Zerspanungsarbeit reduziert wird. Die Spannung zwischen den Schenkeln des Bügels hält das Sägeblatt straff. Eine gleich schmale Blattsäge würde dabei ausknicken, es sei denn, sie wird, wie bei der Zweimann-Baumsäge oder der Japansäge, nur gezogen.

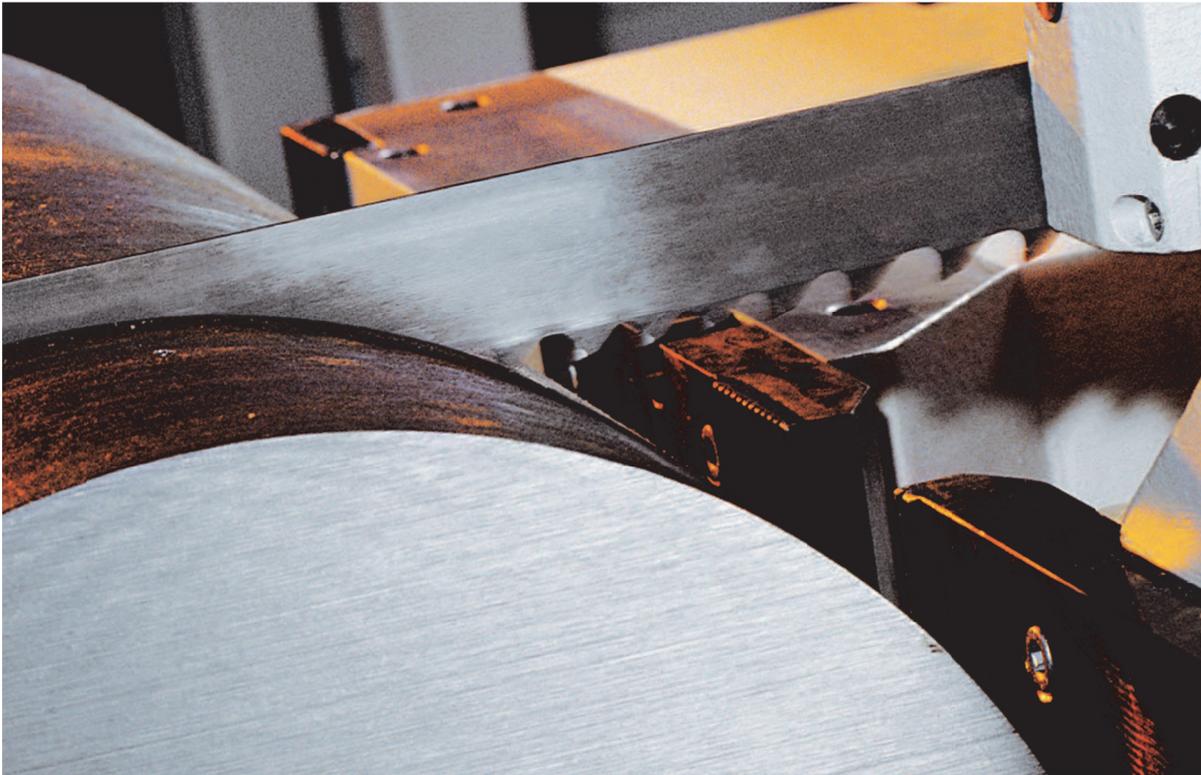


Abb.: 22 Bandsägeblatt (Quelle: Kasto)

4.4.2 Typen von Bandsägemaschinen (BSM)

Es gibt verschiedene Bandsägemaschinen, horizontale für Abtrenn-Operationen, vertikale, die hauptsächlich für das Kontursägen eingesetzt werden, und Maschinen mit Pendelbewegung. Diese unterschiedlichen Typen werden in den nächsten Kapiteln ausführlicher erklärt.

4.4.2.1 Bandsägemaschinen mit Schwenkrahmen

Diese Konstruktion stellt die am weitesten verbreitete Form der Metallbandsägemaschinen dar. Der Sägerahmen (Schwenkrahmen) wird einseitig in einem Drehlager aufgenommen und geführt. Da der Vorschubweg kreisförmig verläuft verändert sich der Winkel des Sägebandes zum Material kontinuierlich. Der Schnittbereich entspricht einem Kreissegment. Da der Sägerahmen nur auf einer

Seite geführt wird kann dieser auf der anderen, ungeführten Seite ausweichen. Dies führt unter Umständen zu einem "wellenförmigen" Schnitt.

Vorteile & Nachteile:

- + geringer Anschaffungspreis
- + Materialbeladung von vorne möglich
- geringe Schnittgenauigkeit und Schnittleistung
- hoher Verschleiß der Sägebänder



Abb.: 23 Horizontale Bandsäge mit Schwenkrahmen (Quelle: Klaeger)

4.4.2.2 Bandsägemaschinen mit 2-Säulenführung

Bei dieser Form der Metallbandsägemaschinen wird der Sägerahmen an beiden Seiten durch zwei Führungssäulen geführt. Das Sägeband verläuft parallel oder in einem bestimmten, über den Schnittverlauf gleich bleibenden Winkel zur Materialauflagefläche. Dieser Winkel welcher je nach Maschine zwischen 1° und 6° beträgt ist vorteilhaft beim Anschnitt von Materialformen welche eine zur Tischfläche parallele Oberfläche (z.B.: rechteckige Blöcke, Flachmaterial) aufweisen, da das Sägeband beim Anschnitt erst nach und nach in das Material vollständig eindringt. Diese Konstruktion ermöglicht eine sehr hohe Zerspanungsleistung bei gleichzeitig großer Schnittgenauigkeit bis zu ca. 0,05mm per 100mm Schnitthöhe bei normal zerspanbaren Materialien.

Vorteile / Nachteile:

- + hohe Schnittgenauigkeit und Schnittleistung lange Standzeiten der Sägebänder langlebige Maschine
- hoher Anschaffungspreis
- Keine Materialbeladung von vorne möglich, dass Material muss „eingefädelt“ werden



Abb.: 24 Horizontale Bandsäge mit 2-Säulenführung (Quelle: Klaeger)

4.4.2.3 Vertikale Bandsägen (Blockbandsägemaschinen)

Vertikale Bandsägen dienen zum Sägen von großen Blöcken und Platten. Der C-förmige Sägerahmen wird einseitig in Flach- bzw. Linearführungen aufgenommen. Vertikalbandsägen werden eher für Schnitte aus der Fläche genutzt. Der Schnittvorschub erfolgt auf Grund der hohen Stückgewichte vom Sägerahmen, welcher entlang des Auflageschittes bewegt wird. Das Sägeband verläuft vertikal. Der Schnittbereich wird durch die Ausladung des Rahmens bestimmt. Das Material wird entweder unter Mithilfe von Hebezeugen manuell oder durch Zangen automatisch positioniert.



Abb.: 25 Blockbandsäge (Quelle: Forestor)

4.4.2.4 Vertikalbandsäge für den Werkzeugbau

Bei dieser früher sehr häufig im Werkzeugbau eingesetzten Form der Vertikalbandsägemaschine ist der C-förmige Sägerahmen fest mit dem Maschinengestell verbunden. Das zu sägende Material wird vom Bediener durch das vertikal verlaufende Sägeband geschoben (manueller Vorschub). Dabei ist es

auch möglich Konturen zu schneiden. Zumeist ist auch der Auflagetisch für das Material schwenkbar gelagert um auch schräg verlaufende Schnittflächen erzeugen zu können.



Abb.: 26 Vertikalbandsäger (Quelle: Klaeger)

4.4.2.5 Bügelsägen

Als Bügelsägen bezeichnet man das Sägen mit einer geraden, sich wiederholenden Schnittbewegung. Das Sägeblatt (schmal und lang gestreckt mit vielen Zähnen) wird in einem Bügel eingespannt. Der Antrieb des Bügels erfolgt beispielsweise mittels einer Antriebswelle und Exzenter. Der Schnittvorschub erfolgt senkrecht zur Schnittbewegung. Es kann nur bei der Hubbewegung in eine Richtung gesägt werden.



Abb.: 27 Bügelsäge (Quelle: Kasto)

4.4.3 Bandsägeblätter (BSB)

Das BSB besteht aus unlegiertem Stahl und ist nach DIN 8806 genormt. Das BSB wird um eine motorangetriebene Rolle gelegt und mittels einer Spannvorrichtung gespannt. Dadurch ergibt sich eine gerade Schnitfführung.

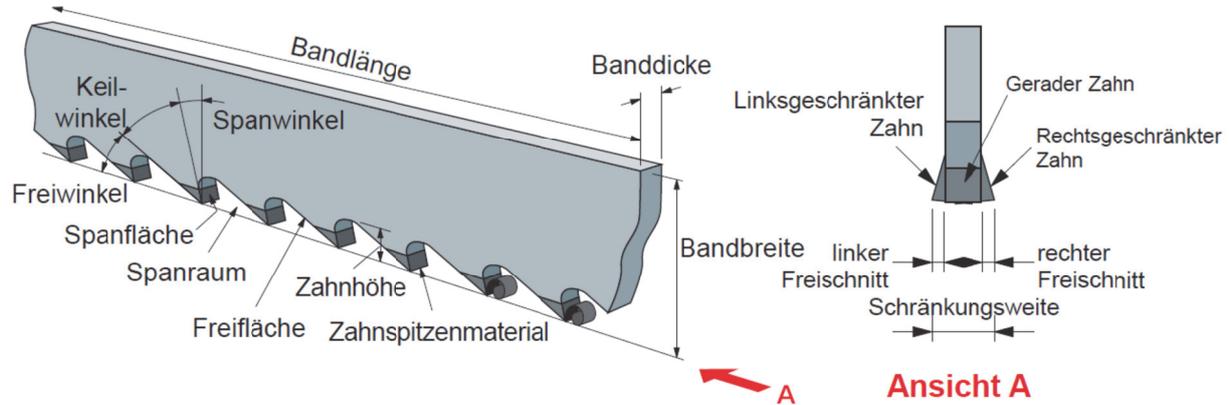


Abb.: 28 Begriffe des Sägebandes (Quelle: Amada)

Die Zahnspitzen der Bandsägeblättern bestehen, je nach Geometrie und Werkstoff des zu sägenden Materials, aus gehärtetem Stahl, HSS, oder Hartmetall. Hartmetallzähne können dabei breiter als das Trägerband sein und können dann unbeschränkt eingesetzt werden.

4.4.3.1 Anordnung der Schneidzähne

Um ein Klemmen des Blattes im Schnittkanal zu verhindern, werden die Zähne mit einer Schränkmaschine seitlich gebogen. Die dadurch erzielte Schränkweite der Säge bestimmt das Einsatzgebiet. Eine große Schränkweite wird für Metallprofile verwendet, eine kleine für Vollmaterial. Sie sollte jedoch nicht mehr als das 1½-fache der Blattdicke betragen. Es kommen fast ausschließlich für die Metallbearbeitung nur Bimetall und Hartmetallsägebänder zum Einsatz.

Räumzahn-Anordnung



Abb.: 29 Räumzahn

- drei-Schneidzahn-Reihenfolge, links, rechts, gerade
- reduziert Schneidzahn-Belastung, geeignet für schwere Schnitte
- gleichmäßige Anordnungs-Winkel
- vorwiegend für Eisenwerkstoffe geeignet

Wellen-Anordnung



Abb.: 30 Wellenzahn

- fortschreitende Sinuskurven-Anordnung mit geringer Teilung
- reduziert Schneidzahn-Belastung
- leichteres Sägen in dünnwandigen Werkstück-Teilen
- geeignet für hohe Geschwindigkeiten bei geringen Schnitttiefen

Alternativ-Anordnung



Abb.: 31 Alternativzahn

- zwei-Schneidzahn-Reihenfolge, links, rechts
- vorwiegend für Nichteisenmetalle

Variable(Mehrfachteilung-)Anordnung



Abb.: 32 Variable Zähne

- ein nicht geneigter Schneidzahn zwischen jeder Teilungs-Reihenfolge
- nur der größte Schneidzahn in jeder Teilungs-Reihenfolge ist gerade angeordnet
- geeignet für die meisten Anwendungen

4.4.3.2 Schneidzahn- Teilungen und Formen

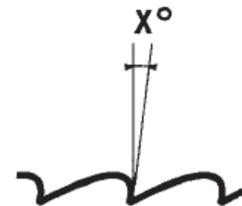
Gleichbleibende Teilung

- allgemeine Anwendung
- gute Späneabfuhr



Gleichbleibende Teilung positiv

- allgemeine Anwendung
- gute Späneabfuhr
- Unterschied zur gleichbleibenden Teilung ist ein besserer Schneidzahn-Eingriff



Unterschiedliche Teilung

- weicher Schnitt
- reduziert harmonische Schwingungen und Geräusche
- gute Späneabfuhr
- lange Sägeblatt-Lebensdauer



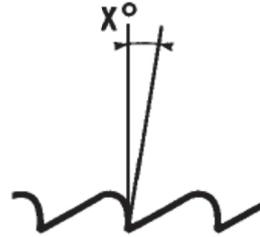
Unterschiedliche Teilung positiv

- weicher Schnitt
- reduziert harmonische Schwingungen und Geräusche
- gute Späneabfuhr und leichte Spanformung
- guter Schneidzahn-Eingriff
- lange Sägeblatt-Lebensdauer



Hakenförmig positiv

- erlaubt grobe Teilung auf dünnen Sägeblättern
- leichte Spanformung
- gute Späneabfuhr
- Verwendung in Gusseisen und Nichtmetallen



4.4.3.3 Bimetallsägebänder

Bandsägeblattzahnspitzen müssen hart sein, während das Rückenmaterial biegsam sein soll. Diese gegensätzlichen Anforderungen werden bei Bandsägeblättern durch ein spezielles Elektronenstrahlschweißverfahren kombiniert.

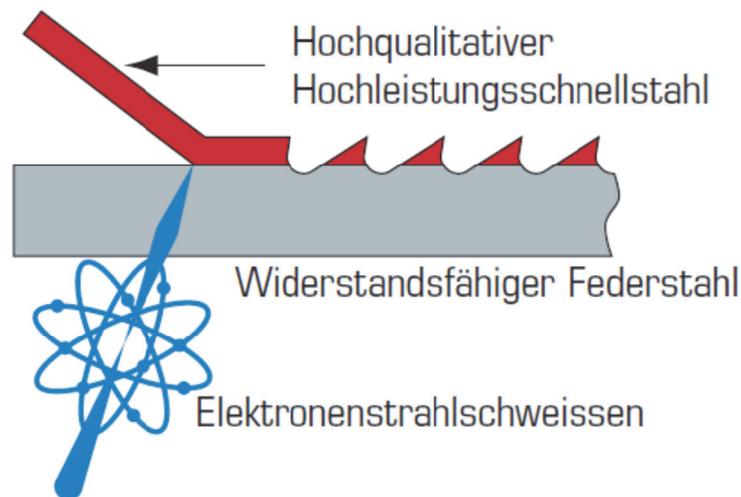


Abb.: 33 Bimetallsägeband (Quelle: Amada)

Ein Bandsägeblatt, das aus zwei Typen von Material besteht, zum einen hochwertiger Schnellarbeitsstahl für die Zahnspitzen und zum anderen widerstandsfähiger Spezialfederstahl für das Rückenmaterial, erreicht Schnitteigenschaften, die in keinem Vergleich zu einem Sägeband aus herkömmlichem Werkzeugstahl stehen: nämlich hohe Schnittleistung, hohe Präzision und lange Standzeit.

Dadurch kann es eine Vielzahl von schwer zerspanbaren Materialien sägen, ist widerstandsfähig gegen auftretende Kräfte und senkt dadurch die Schnittkosten erheblich.

4.4.3.4 Hartmetallsägebänder

Unter HM versteht man gesinterte Carbidhartmetalle. Kennzeichnend für die HM sind sehr hohe Härte, Verschleißfestigkeit und die hohe Warmhärte. Sie finden daher in zahlreicher Anwendung in der Bestückung von Werkzeugen und Teilen für die Zerspanung, spanlose Formgebung und bei reibendem Verschleiß. Hartmetall gehört zu den Verbundwerkstoffen.

Hartmetall besteht meistens aus 90–94 % Wolframcarbid (Verstärkungsphase) und 6–10 % Cobalt (Matrix, Bindemittel, Zähigkeitskomponente). Die Wolframcarbidkörner sind durchschnittlich etwa 0,5–1 Mikrometer groß. Das Cobalt füllt die Zwischenräume.

Das Trägerband der Hartmetall Sägebänder besteht aus speziell legiertem Vergütungsstahl. Die Zahnspitzen bestehen aus speziellen Hartmetall-Sorten.

In einem Spezialverfahren werden die Hartmetall-Zähne auf das Trägerband gelötet.

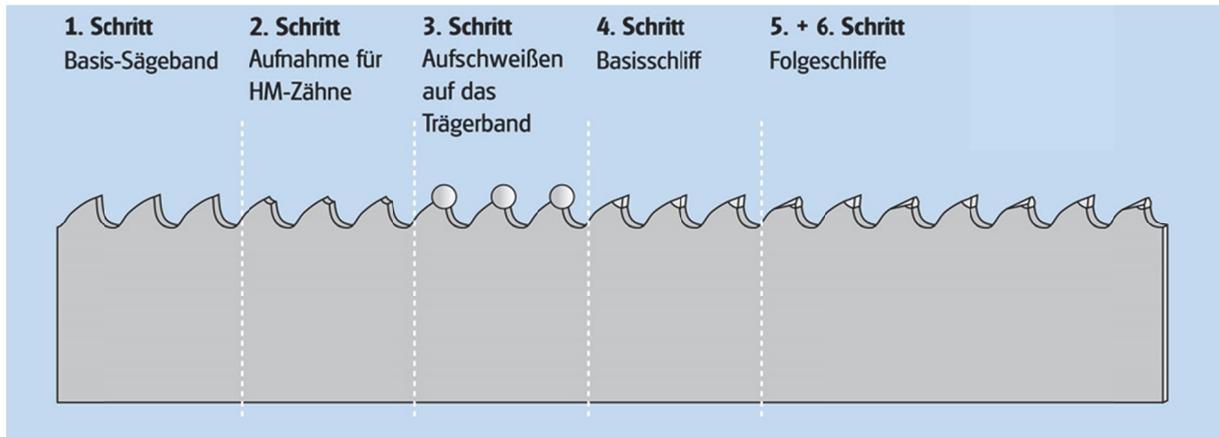


Abb.: 34 Herstellung eines HM-Sägebandes (Quelle: ARNTZ)

Die aufgeschweißten Hartmetall-Zähne sind mit verschiedenen Schneidegeometrien versehen. Diese Schneidegeometrien erreichen optimale Spanaufteilungen und damit höchste Zerspanungsleistungen. Die verschiedenen Schneidegeometrien auf Hartmetall Sägebänder führen zu vibrationsarmen Schnitten und sauberen und glatten Materialoberflächen.

4.4.4 Typische Schnittgeschwindigkeiten beim Bandsägen

Werkstoffe	Kurzname DIN	Bi-Metallband	Hartmetallband
		Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)	Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)
Baustahl	St 37-2	80-100	100-130
	St 60-2	50-70	90-120
Einsatzstahl	C 10	80-100	110-140
	16 MnCr 5	40-60	80-100
Automatenstähle	9 S 20	80-120	100-160
Vergütungsstähle	C 45	60-70	90-120
	42 CrMn 4	50-65	70-90
Werkzeugstähle	C 125 W	40-60	65-80
	X 155 CrVMo 12 1	30-40	40-50
	56 NiCrMoV	40-50	50-70
Schnellarbeitsstähle	S 6-5-2	35-45	50-60

Tab.: 10 Vergleich der Schnittgeschwindigkeiten der Sägebänder (Quelle: Arntz)

4.4.5 Beispiel für Hartmetall Bandsägen

4.4.5.1 Kasto Baureihe tec

Beim Bandsägen in Vollmaterial und Rohren hat sich die Firma Kasto näher spezialisiert und durch Forschungen eine eigene Baureihe entwickelt. KASTO Performance Cutting (KPC) steht für eine optimale Abstimmung von Werkzeugmaschinenbau, Werkzeugtechnologie und Steuerungstechnik.

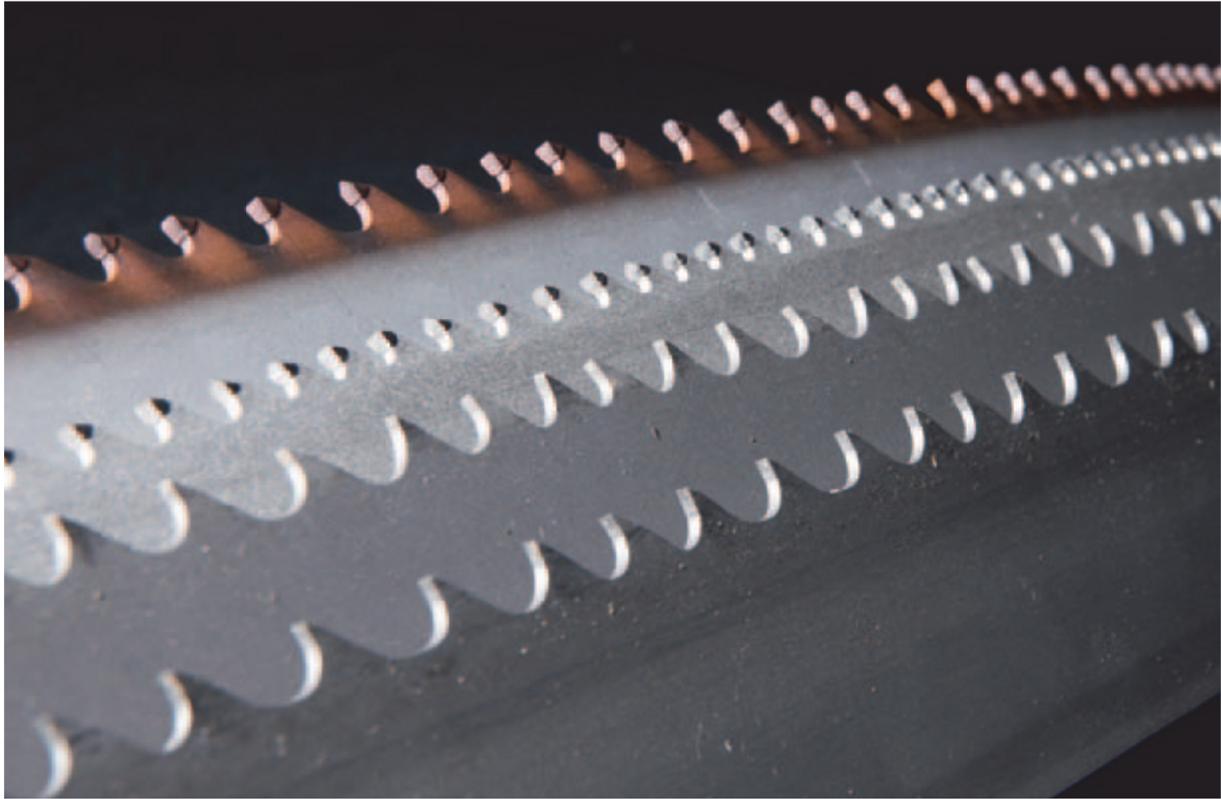


Abb.: 35 Unterschiedliche Sägebänder (Quelle: Kasto)

KASTOtec

Eine wesentliche Leistungssteigerung in der Bandsägetechnologie lässt sich mit Hartmetall-Sägewerkzeugen erzielen.

Durch die Weiterentwicklung dieser Werkzeuge kommen im KPC verstärkt beschichtete Hartmetall-Sägebänder zum Einsatz. Dies führt zu einem besseren Spanfluss, besseren Sägeeigenschaften und längeren Standzeiten.

Der in der KASTOtec eingesetzte hydraulisch gedämpfte, aber steife und präzise Sägevorschub ist hierfür eine Grundvoraussetzung.

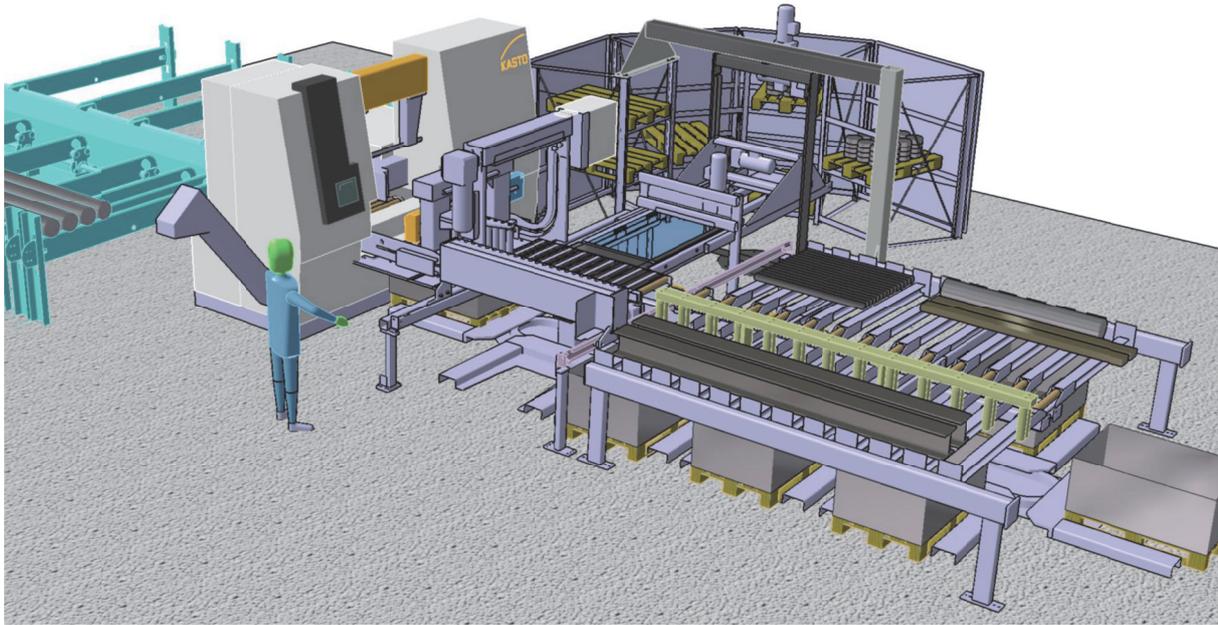


Abb.: 36 Bandsägeanlage mit Abschnittsorientierung

Die vollhydraulische KASTOtec in Zweisäulen-Bauweise erreicht eine Schnittgenauigkeit von $\pm 0,1$ mm/100 mm Schnittlänge – und das bei Schnittgeschwindigkeiten bis 120 m/min, bei Hartmetallbändern sogar bis 180 m/min. Linearführungen in Spannstock und Materialvorschub sowie ein frequenz geregelter Kugelrollspindelantrieb der Materialvorschubeinheit machen's möglich. Zur hohen Produktivität kommt eine deutliche Verbesserung der Materialausnutzung durch die minimale Reststücklänge von <50mm.

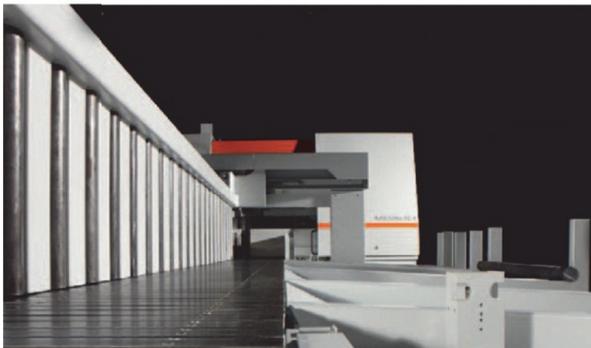


Abb.: 37 Schnittbereiche einer Bandsägeanlage

Vorteile der KASTOtec

- hohe Standzeiten durch präzisen hydraulischen Vorschub und Bandfreihub beim Anheben des Sägerahmens
- hohe Schnittleistungen in Verbindung mit schnellem Einrichten und optimiertem Materialtransport reduzieren die Kosten pro Schnitt deutlich
- Materialausnutzung bis auf einen 50 mm kurzen Rest
- Bandführungseinheiten mit integriertem Abstreifer - unempfindlich gegen Schmutz
- Antriebseinheit und Sensorik sind konsequent vom eigentlichen Arbeitsraum getrennt - dadurch zuverlässiges und störungsfreies Arbeiten
- einfach bedienbare Sägemaschinensteuerung

Technische Daten KASTOtec		A4	A5	A7	A8	A 8x10
Schnittbereich	mm	430	530	730, opt. 800	830	270-830
Schnittbereich [H x B]	mm	430 x 430	530 x 630	730 x 830	830 x 830	830 x 270-1.100
Materialvorschublänge einfach	mm	600	600	750	750	750
optionale Vorschublänge, einfach	mm	1.500/3.000	1.500/3.000	3.000		
Mehrfachvorschub	mm	9.999	9.999	9.999	9.999	9.999
Kürzeste Abschnittlänge	mm	6	6	8	8	8
Kleinster zu sägender Durchmesser	mm	10	10	20	20	270 / 20 x 270
Kürz. Reststücklänge im Automatikbetr.	mm	35	35	50	50	50
Schnittgeschwindigkeit, stufenlos	m/min	12-120	12-120	12-120	12-120	20-120
Sägemotor, frequenzgeregelt	kW	5,5	5,5	11	11	11
Gesamt-Anschlusswert Standard-Masch.	kW	9,5	9,5	20	20	20
Option Hartmetall: Gesamt-Anschlusswert	kW	17/24	17/ 24	30	30	30
Sägebandabmessung	mm	6.830 x 41 x 1,3	7.675 x 54 x 1,3	9.195 x 67 x 1,6	9.195 x 67 x 1,6	9.735 x 80 x 1,6
optionale Sägebandabmessung	mm	6.830 x 54 x 1,3	7.675 x 67 x 1,6	9.195 x 54 x 1,6	9.195 x 80 x 1,6	9.195 x 80 x 1,6
opt. Sägebandabmessung Alu-Version	mm	6.830 x 34 x 1,1	7.675 x 34 x 1,1	9.195 x 41 x 1,3	9.195 x 41 x 1,3	
Materialauflagehöhe	mm	700	700	700	700	700
Breite, inkl. Späneförderer	mm	4.610	5.215	5.040	4.870	5.160
Höhe	mm	2.410	2.680	2.865	3.050	3.050
Gewicht	kg	4.300	5.250	10.800	11.400	12.800

Abb.: 38 Technische Daten Bandsägeanlagen (Quelle: Kasto)

Kosten und Leistungsabschätzung Bandsägen

Schnittgenauigkeit:	±0,1 mm/100 mm Schnittlänge
Schnittzeit: (Rohr Ø 270x40 mm Werkstofffestigkeit 500 N/mm ²)	Bi-Metallband 3,2 min / HM-Metallband 1,8 min
Kosten:	Bi-Metallband 100 € / HM-Metallband 280 €
Lebensdauer:	Bi-Metallband & HM-Metallband bis 500 Abschnitte

Tab.: 11 Vergleich Bi/HM - Sägebänder (Quelle: Kasto)

4.5 Kreissägen

4.5.1 Grundlagen des Kreissägens

Kreissägen werden für das Hochleistungssägen aller Arten von Eisen- und Nichteisenmetallen verwendet: Knüppel, Rohre, Profile, Stangen, Rundkörper usw. Es können durch die unterschiedlichen Materialien (HSS & HM) und Beschichtungen hohe Schnittgeschwindigkeiten erzielt werden.



Abb.: 39 Kreissägeblätter (Quelle: Julia)

4.5.2 Schneidstoffe und Beschichtungen

Von Werkzeugen der Zerspanungstechnik werden immer höhere Standzeiten, Schneidgeschwindigkeiten und Genauigkeiten verlangt. Um die steigenden Ansprüche zu erfüllen, entwickeln die Werkzeughersteller ständig neue Werkzeuge, wobei neben der Mikro- und Makrogeometrie vor allem der verwendete Schneidstoff und die Beschichtung das Schneidverhalten prägen.

Die wichtigsten Argumente für Beschichtungen: Die Steigerung der Oberflächenhärte erhöht die Verschleißfestigkeit des Werkzeuges, die Reduzierung des Gleitwiderstandes bei der Spanabfuhr verringert die Aufschweißneigung sowie Aufbauschneidenbildung, und die Isolierwirkung der Schicht steigert die Warmhärte.

Rund 90 bis 95% der Hartmetall-Werkzeugschneiden werden heute beschichtet. Durch die Wahl der richtigen Beschichtung kann man die Standzeit und das Zeitspanvolumen deutlich verbessern.

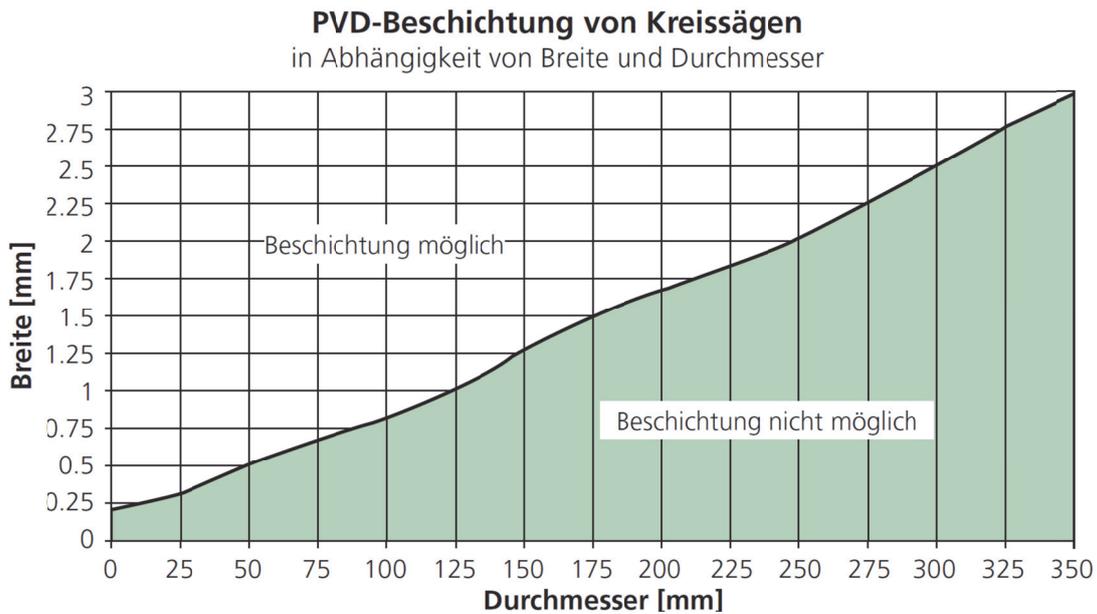


Abb.: 40 PVD Beschichtung von Kreissägeblätter (Quelle: ALESA)

4.5.2.1 PVD und CVD Beschichtungen

Dazu dienen im Wesentlichen zwei Verfahren: die PVD-Beschichtung (Physical Vapour Deposition) und die CVD-Beschichtung (Chemical Vapour Deposition). CVD-Beschichtungen bestehen heute vor allem aus Titancarbonitrid (TiCN) und Aluminiumoxid (Al₂O₃), PVD-Beschichtungen aus Titanitrid (TiN), Titanaluminiumnitrid (TiAlN) und Titancarbonitrid (TiCN). Mit PVD-Beschichtungen lassen sich Härte und Zähigkeit der Werkzeugschneide regelrecht anpassen.

Weil der PVD-Herstellungsprozess bei geringeren Temperaturen abläuft, werden die Eigenschaften des Grundwerkstoffs weniger stark beeinträchtigt als beim CVD-Beschichten. Deshalb bleibt die Zähigkeit spezieller, feinkörniger Hartmetalle weitgehend erhalten. Das Verfahren bringt damit Vorteile bei hohen Zähigkeitsanforderungen. Dazu kommt, dass die Druckspannungen in den PVD-Schichten die Zähigkeit weiter erhöhen.

Beim CVD-Beschichten verursachen die hohen Prozesstemperaturen eine stärkere Versprödung des Hartmetall-Substrats und verringern so die Zähigkeit der Schneide. In Bezug auf die Härte weist die CVD-Beschichtung aufgrund der abscheidbaren keramischen Bestandteile (Aluminiumoxid) aber Vorteile auf: Das CVD-Verfahren liefert dicke und verschleißfeste Beschichtungen mit sehr guter chemischer Beständigkeit bei hohen Temperaturen. Je dicker die Schicht, desto besser die Wirkung als Hitzeschild.

Die dicken Schichtaufträge bei CVD-Hartschichten von maximal etwa 20 µm (bei PVD sind es nur 2 bis 5 µm) führen aber zu Verrundungen und verringern damit die Schärfe der Schneidkante. Schier sieht PVD-Werkzeuge bei hohen Anforderungen an die Oberflächengüte, die sehr scharfe Werkzeuge voraussetzen, deshalb im Vorteil: „Zum Feindrehen, Einstechen und Gewindeschneiden ist die PVD-Schneide erste Wahl.

Balinit Alcrona

Die titanfreie Schichtgeneration zeichnet sich durch einen markant besseren Verschleißwiderstand und erheblich bessere Standzeiten als herkömmliche Schichten aus. Außerdem sollen AlCrN-basierte Schichten oxidationsbeständiger sein und eine erheblich höhere Warmhärte aufweisen. Sie sind wesentlich leistungsfähiger und auch bei Anwendungen mit sehr hoher Temperaturbelastung stabil. Das erste Produkt heißt Balinit Alcrona und eignet sich für die Trocken- und Nassbearbeitung von unlegierten Stählen sowie von Stählen mit hoher Festigkeit und hoher Härte.

Werkstoffklasse	HSS-Kreissägen		Hartmetall-Kreissägen	
	TiN	TiAlN	TiAlN	AlCrN
Stähle < 650 N/mm² <ul style="list-style-type: none"> Maschinenbaustähle Feinkornbaustähle Einsatzstähle Stahlguss 	●	●	●	●
Stähle < 800 N/mm² <ul style="list-style-type: none"> Maschinenbaustähle Feinkornbaustähle Einsatzstähle Automatenbaustähle Vergütungsstähle warmfeste Baustähle kaltzähe Baustähle Nitrierstähle Werkzeugstähle 	●	●	●	●
Stähle 800 - 1200 N/mm² <ul style="list-style-type: none"> Vergütungsstähle warmfeste Baustähle kaltzähe Baustähle Nitrierstähle Werkzeugstähle Schnellarbeitsstähle hitzebeständige Stähle 		○	●	●
Stähle > 1200 N/mm² <ul style="list-style-type: none"> Vergütungsstähle Nitrierstähle Werkzeugstähle Schnellarbeitsstähle 			○	●

Tab.: 12 Schichtauswahl für Kreissägebblätter (Quelle: ALESA)

4.5.3 Schneidzahn- Typen und Formen

Bei der Bearbeitung von Rohren muss eine Teilung gewählt werden, die gewährleistet, dass mindestens zwei Schneidzähne Kontakt mit dem Werkstück haben.

4.5.3.1 Vor- und Nachschneider

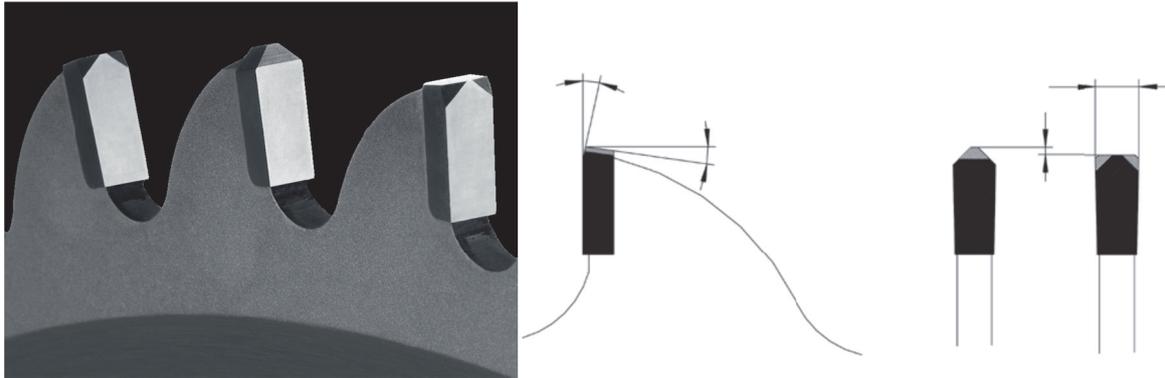


Abb.: 41 Vor- und Nachschneider (Quelle: Wagner)

Die Vor- und Nachschneider Geometrie zeichnet sich dadurch aus, dass der vorschneidende Zahn um ca. 0,25 - 0,3 mm höher ist als der Nachschneider. Dieser Überstand bewirkt eine Aufteilung in drei Späne pro Zahnpaar. Diese Geometrie ist u.a. geeignet für schwer zerspanbare Werkstoffe mit hohen Festigkeiten.

4.5.3.2 Spanteiler - Rillen

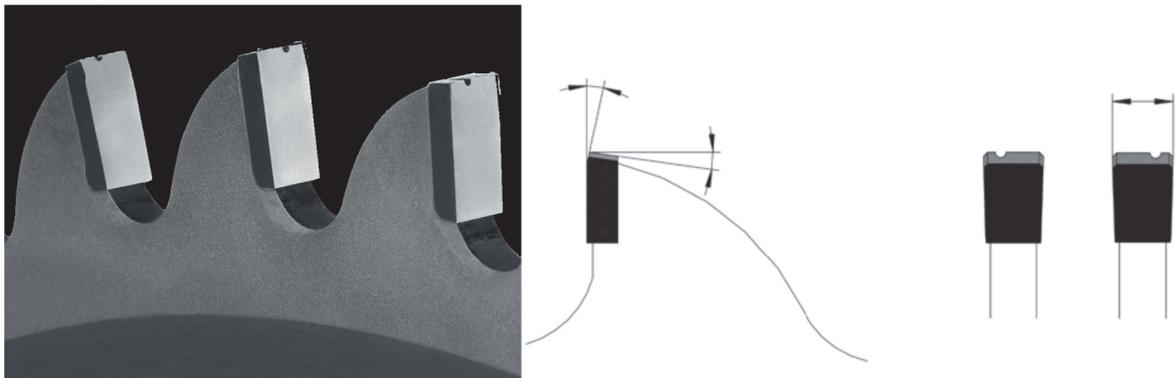


Abb.: 42 Spanteiler - Rillen (Quelle: Wagner)

Die Spanteiler-Rillen Geometrie ist die bevorzugte Zahngeometrie für moderne, leistungsstarke Sägemaschinen. Die wechselseitig in den Zahnrückten eingeschliffene Spanteilernut ermöglicht eine gute Spanbildung, hohe Spanquerschnitte und verbesserte Standwege bei hoher Schnittleistung.

4.5.3.3 HMX

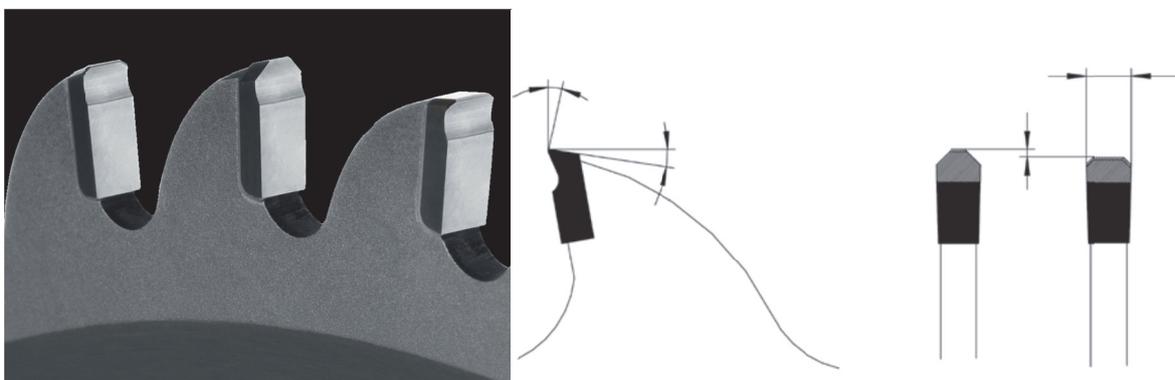


Abb.: 43 HMX (Quelle: Wagner)

Bei der HMX - Geometrie handelt es sich um eine spezielle Vor- und Nachschneider Geometrie mit Spanleitstufe. Diese spezielle Zahnform bewirkt eine optimale Spanbildung und einen reibungsarmen Schnitt. Dadurch wird ein problemloses Sägen von extrem kohlenstoffarmen Stählen (C-Gehalt < 0,10 %) ermöglicht.

4.5.4 Typische Schnittgeschwindigkeiten beim Kreissägen

Werkstoffklasse	HSS unbeschichtet	HSS beschichtet	HM unbeschichtet	HM beschichtet
	Vc [m/min]	Vc [m/min]	Vc [m/min]	Vc [m/min]
Stähle < 650 N/mm² <ul style="list-style-type: none"> • Maschinenbaustähle • Feinkornbaustähle • Einsatzstähle • Stahlguss 	40 - 60	60 - 95	120 - 200	160 - 250
Stähle < 800 N/mm² <ul style="list-style-type: none"> • Maschinenbaustähle • Feinkornbaustähle • Einsatzstähle • Automatenbaustähle • Vergütungsstähle • warmfeste Baustähle • kaltzähe Baustähle • Nitrierstähle • Werkzeugstähle 	30 - 45	50 - 75	100 - 160	120 - 200
Stähle 800 - 1200 N/mm² <ul style="list-style-type: none"> • Vergütungsstähle • warmfeste Baustähle • kaltzähe Baustähle • Nitrierstähle • Werkzeugstähle • Schnellarbeitsstähle • hitzebeständige Stähle 	20 - 35	30 - 55	80 - 130	95 - 160
Stähle > 1200 N/mm² <ul style="list-style-type: none"> • Vergütungsstähle • Nitrierstähle • Werkzeugstähle • Schnellarbeitsstähle 	15 - 25	20 - 40	60 - 100	70 - 120

Tab.: 13 Schnittgeschwindigkeiten unterschiedlicher Materialien (Quelle: ALESA)

4.5.5 Typische Probleme im Einsatz

- **Vorzeitiger Verschleiß:** Teilung zu groß, Schnittgeschwindigkeit zu hoch, Falscher Vorschub, Kühlung nicht wirksam, Falsche Werkstück-Positionierung
- **Abgerissene Schneidzähne:** Falsche Teilung, Vorschub zu hoch, Zu wenig Kühlmittel
- **Sägen-Bruch:** Säge frisst sich fest wegen schlechtem Nachschliff, Vorschub zu hoch, Fehlerhafte Werkzeug-Spannung

4.5.6 Hartmetall (HM) Blätter

Hartmetalle sind nicht so zäh wie Schnellarbeitsstähle (HSS), ertragen aber viel höhere Schnitttemperaturen (Temperaturbeständigkeit 1.100–1.200 °C) und damit deutlich höhere Schnittgeschwindigkeiten (~40–350 m/min) als HSS.

Sie sind im Gegensatz zu Schnellarbeitsstahl nur durch Schleifen bearbeitbar. Sie haben hohe Druckfestigkeit (4.000–5.900 N/mm² bzw. MPa), mittlere Biegefestigkeit (800–2.200 N/mm² bzw. MPa), hohe Dichte (6–15 g/cm³) und einen E-Modul von 430 bis 630 GPa.

Durch ihre hohe Härte (Vickershärte HV30: 1.300–2.400) sind Hartmetalle spröde, d. h. empfindlich gegen Schlag und Stoß sowie gegen plötzliche Temperaturwechsel (sogenannte Thermoschock-Empfindlichkeit).

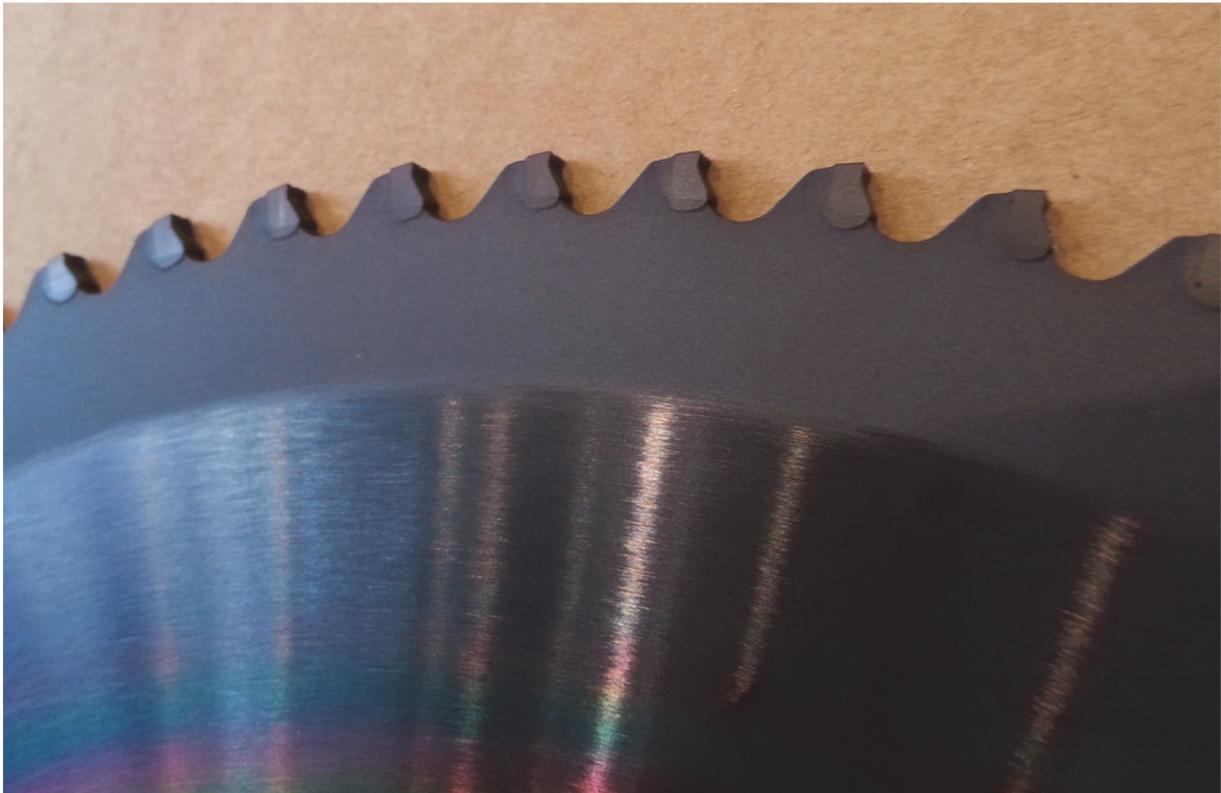


Abb.: 44 HM bestücktes Kreissägeblatt (Quelle: tube cut)

Ein Nachteil ist, dass Hartmetallsägen mit einer teuren Diamantschleifscheibe geschärft werden müssen, während der Grundkörper mit einer Steinscheibe geschliffen werden soll, da der Sägegrundkörper aus weicherem Stahl besteht und somit die Diamantschleifscheibe verkleben würde.

Falls das HM-Blättchen eine Beschichtung hat sollte diese eventuell auch neu beschichtet werden, da sonst die vorher erreichte Schnittleistung nicht erreicht werden kann.

4.5.7 Scheibenfräser

Der Scheibenfräser wird zum Schlitzen tiefer Nuten oder auch zum Trennen erfolgreich eingesetzt. Bei einem Durchmesser von 800 mm sind Frästiefen von 230 mm bei einer Schneidbreite von fünf mm realisierbar. Die Stammscheibe des Fräsers wird durch zwei Aufnahmescheiben stabilisiert. Größere Aussparungen in der Stamm- und den Aufnahmescheiben dienen der Gewichtsreduzierung.

Seine Vorteile gegenüber HM-bestückten Sägeblättern sind laut Hersteller vielfältig. Die HM-Wendeschneidplatten können demnach in Hartmetallsorte und Spanformgeometrie dem zu zerspanenden Werkstoff angepasst und im Einsatz optimiert werden.

Die geschraubten Wendeschneidplatten sind auswechselbar und reduzieren gegenüber nachschleifbaren Werkzeugen den notwendigen Lagerbestand erheblich.



Abb.: 45 Scheibenfräser M382 von Paul Horn (Quelle: www.phorn.de)

Der Scheibenfräser ist in Durchmessern von 80 bis 200 mm und mit Breiten von acht bis 14 mm erhältlich. Größere Durchmesser von 200 bis 800 mm und Breiten von fünf bis zehn mm werden auf Kundenwunsch hergestellt.

4.5.8 Beispiel für Hartmetall Kreissägen

4.5.8.1 KASTO Baureihe speed

Ein Kreissägeautomat überzeugt durch minimale Taktzeiten und ermöglicht im Mehrschicht-Betrieb Millionen von exakten Abschnitten pro Jahr. Durch die hohe Zuverlässigkeit und Präzision im Dauerbetrieb sind die Sägeautomaten generell eine der meistverkauften Massenschnitt-Maschinen der Welt.



Abb.: 46 Kreissägemaschine KASTOspeed

Die Baureihe KASTOspeed hat sich für den Massenschnitt von Stahl, Aluminium, Messing und Kupfer für Großserien spezialisiert. HSS Vollstahl-Sägeblätter und hartmetallbestückte Sägeblätter kommen je nach Anforderung für den Sägeautomaten zum Einsatz. In Verbindung mit einer robusten Bauweise können hohe Zerspannungsleistungen erbracht werden.

Pluspunkte von dieser Baureihe: kurze Nebenzeiten dank einem schnellen Materialnachschubwagen sowie einem hydraulisch gedämpften Abschnittmessanschlag. Mit Kreissägeautomaten können hohe Ansprüche an Leistungsstärke und Wirtschaftlichkeit beim Sägen von Stahl mit Zugfestigkeiten bis ca. 1.400 N/mm^2 , auch von hochlegierten Stählen mit Hartmetall-Einweg und HSS-Vollstahl-Sägeblättern realisiert werden.

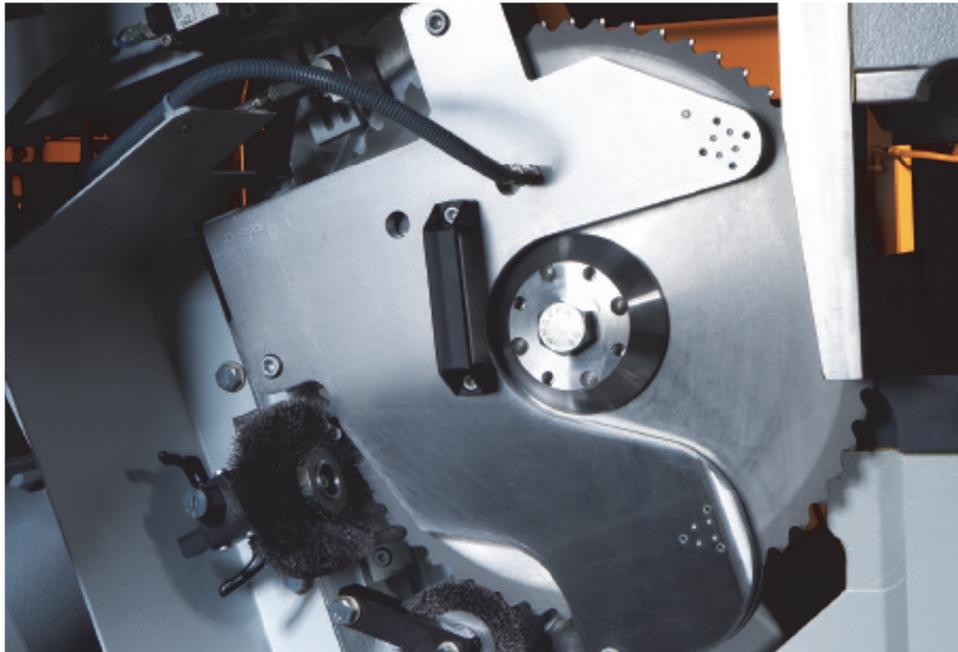


Abb.: 47 Getriebe mit Blattführung an der KASTOspeed

Technische Daten		KASTOspeed C 15	KASTOspeed M 15
Werkstoff		Stahl	NE-Metalle
Sägeblatttyp		HM-bestückt	HM-bestückt/HSS-Vollst.
Sägeblattdurchmesser	mm	360/425/460	360/425/460
Schnittbreite	mm	2,6 bzw. 2,7	2,6 bzw. 2,7/3,0-3,6
Schnittbereiche			
rund	mm	20-153	20-153
vierkant	mm	20-135	20-135
rechteck (HxB)	mm	20x20-155x135	20x20-155x135
Min. Reststücklänge	mm	70	70
Maße und Gewichte (Grundmaschine bis 300 mm Abschnittlänge, ohne Zufuhreinrichtung)			
Länge	mm	ca. 1.700	ca. 1.700
Breite	mm	ca. 2.500	ca. 2.500
Höhe	mm	ca. 2.050	ca. 2.050
Gewicht	kg	2.600	2.600
Leistungsmerkmale			
Gesamtanschlusswert der Maschine in Grundausstattung	kW	27	40
Schnittgeschwindigkeit	m/min	20-160	900-4.000
Sägevorschub, hydraulisch	mm/min	25-1.100	150-5.000
Sägevorschub - Eilrücklauf	mm/min	ca. 10.000	ca. 10.000

Abb.: 48 Technische Daten Kastospeed (Quelle: Kasto)

Ein stabiler Maschinenaufbau mit einem schräg verzahnten Hochleistungs-Stirnradgetriebe in Kombination mit einem hydraulisch gedämpften Messanschlag und einem schnell positionierbaren Nachschubwagen gewährleistet hohe Ausbringleistungen für präzise Abschnitte. Für die einfache und übersichtliche Eingabe der Sägeaufträge ist eine bedienerfreundliche SPS-Steuerung mit übersichtlichem Operator-Panel integriert.

4.5.8.2 Linsinger Baureihe KSA

Die Baureihe KSA ist eine Kaltkreissägemaschine mit vertikaler Schnittrichtung für die Verwendung von hartmetallbestückten Sägeblättern.



Abb.: 49 Hochleistungskreissägeanlage KSA 800 (Quelle: Linsinger)

Technische Daten

Materialform	quadratisch, rund
Materialqualitäten	C-Stahl, (max. 5% Legierungsanteil)
Zugfestigkeit	bis 1.300 MPa
Abmessungen	bis \varnothing 270 mm
Ausgangslänge Material	10.000 – 15.000 mm
Abschnittlänge	100 – 400 mm
Abschnittlängentoleranz	+/- 3 mm

Tab.: 14 Daten Linsinger KSA (Quelle: Linsinger)

Maschinenständer

Der geschweißte Maschinenständer besteht aus einer äußerst stabilen, nach den neuesten Erkenntnissen der Schwingungstechnik ausgelegten Konstruktion. Der komplette Ständer wird mit Spezial- Stahlbeton ausgegossen um die Maschine gegen Schwingungen zu dämpfen und besonders verwindungssteif zu machen.

Die Leitungen für die hydraulische und elektrische Versorgung sind teilweise in Kanälen, die in den Maschinenständer integriert sind, verlegt. Der Maschinenständer steht auf Fixatoren, welche zum Einrichten der Maschine dienen.

Auf den Maschinenständer sind zwei Linearführungen aufgeschraubt. Die Führung auf der Sägeblattseite ist als Hauptführung ausgelegt. Die Führungselemente werden von der Zentralschmiereinrichtung automatisch mit Fett versorgt.

Weiters sind auf dem Führungsschlitten die mechanischen Endschalter montiert. Die zugehörige Nockenleiste mit den Schaltnocken befindet sich auf dem Maschinenständer.

Auf den Maschinenständer aufgebaut sind:

- Führungsschlitten
- Vorschubantrieb
- Spannvorrichtung
- Pneumatik
- Zentralschmierung
- Microdosieranlage

Spanneinrichtung und Sägeblattdämpfung

Die Spanneinrichtung besteht aus einer einlaufseitigen und einer auslaufseitigen Spanneinrichtung.

Sie basiert auf je einem massiven Grundblock. Die beweglichen Spannbacken werden in soliden Gleitführungen geführt und durch Hydraulikzylinder bewegt.

Die auslaufseitige Spanneinrichtung wird über Hydraulikzylinder und Führungssäulen abgerückt, um einen berührungsfreien Rückhub des Sägeblattes zu ermöglichen



Abb.: 50 Spanneinrichtung KSA 800 (Quelle: Linsinger)

Die Sägeblattdämpfung besteht aus einer auf dem Sägegetriebe befestigten Dämpfungseinheit, die das Sägeblatt zwischen zwei einstellbaren Dämpfungsplatten führt. Die einlaufseitige Dämpfungsscheibe ist mittels Hydraulikzylinder entgegen der Einlaufrichtung abrückbar. Zusätzlich ist noch 1 Dämpfungsplatte am Sägegetriebe, hinter dem Sägeblatt, angeordnet.



Abb.: 51 Sägeblattdämpfung KSA 800 (Quelle: Linsinger)

Werkzeug

Scheibenfräser LINCUT®

Die HM-Schneidplatten werden auf dem Grundkörper aufgeschraubt. Daher können die Sägezähne einzeln vom Kunden getauscht werden. Dieses System wurde von Linsinger entwickelt, wird bei Linsinger hergestellt und ist der einzige Scheibenfräser am Markt der mehrjährig erfolgreich und wirtschaftlich im Einsatz ist.

Die Vorteile des **LINCUT®** sind eine wesentlich höhere Standzeit und bessere Schnittdaten. Durch diese Technologie benötigen Sie hierbei auch keinen Nachschärfdienst bzw. Schärfzentrum mehr.



Abb.: 52 Scheibenfräser LINCUT (Quelle: Linsinger)

Es können Rohre mit einem Außendurchmesser bis zu 270mm mit dem Scheibenfräser, der einen Durchmesser von 800mm, einer Zähnezahl von 72 Stück und Schnittbreite von 7,1mm hat, geschnitten werden.

Funktionsablauf

Einlaufseite:

- Die Rohre (<15m) werden in Paketen zu je 3 Stück auf den Materialaufgabebereich per Kran aufgelegt.
- Über den Kettentrieb werden die Rohre zum Zufuhrrollgang gebracht und jeweils die vordere Stange über den Übergabehebel vereinzelt und auf den Zufuhrrollgang gebracht.
- Der Zufuhrrollgang transportiert die Rohre zur Sägeeinrichtung.
- Über das Positioniersystem wird das Rohr für den Sägeschnitt positioniert und der Sägezyklus startet.

Sägezyklus:

Nach der Freigabe der Transporteinrichtungen erfolgt Start des Sägezyklus:

- Die ein- und auslaufseitige horizontale Spanneinrichtung wird geschlossen und mit Spanndruck beaufschlagt.
- Der Sägeeilmvorschub wird durchgeführt.
- Ca. 10 mm über dem Werkstück wird automatisch in den Arbeitsvorschub umgeschaltet und das Werkstück durchgesägt.
- Auslaufseitige Spanneinrichtung und Sägeblatt werden abgerückt. Der Sägevorschubschlitten fährt im Eilrücklauf an den Ausgangspunkt zurück.
- Die ein- und auslaufseitige Spanneinrichtung wird geöffnet.
- Sägeblatt und auslaufseitige Spanneinrichtung werden angestellt.

Auslaufseitig:

- Nach dem Sägezyklus werden die beiden 7 m Stangen mittels der Treiberrollen und mit Unterstützung der Rollgänge austransportiert.
- Im Bereich des Quertransportfeldes wird der Abschnitt gestoppt und auf die Ablage gezogen.

Schnittwerte

Material	Rohr 1	Rohr 2	Rohr 3	Rohr 4	Rohr 5	[]
Außendurchmesser	40	73	114	213	273	mm
Wandstärke	10	15	30	40	40	mm
Ausgangslänge	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	mm
Abschnittslänge	200	250	300	400	400	mm
Kreissägenblattdurchmesser	800	800	800	800	800	mm
Schnittbreite	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	mm
Taktzeit	34	38	42	52	58	Sek.
Stück/Stunde	171	149	129	97	85	Stk.

Tab.: 15 Schnittwerte Linsinger KSA (Quelle: Linsinger)

5. Spezielle Trenntechnologien für Rohre

5.1 Stechen mit rotierenden Werkzeugen

Bei diesem Verfahren wird das Werkstück fest eingespannt und durch rotierende Stechwerkzeuge geschnitten.

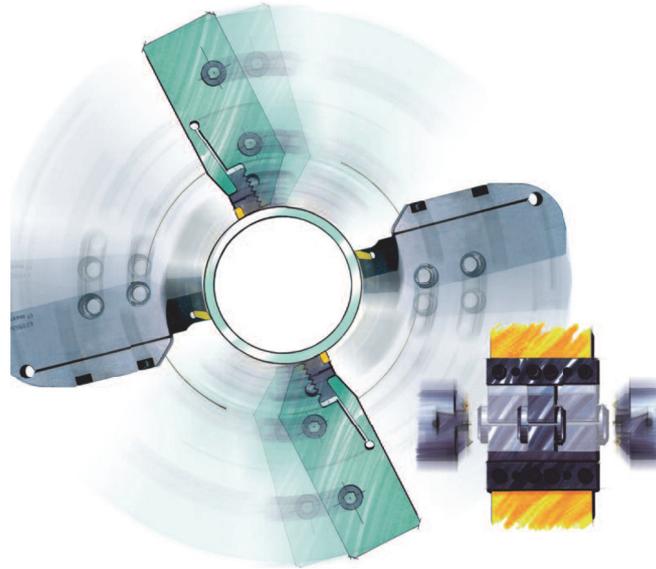


Abb.: 53 Verfahren Stechen mit rotierenden Werkzeugen

5.1.1 Reika Rohrabstechmaschine Modell 254/CNC

Die Reika 254/CNC wird zum Abstechen und Fasen von Stahlrohren eingesetzt. Der Absteckkopf ist mit 4 Schlitten ausgerüstet, die beim Abstechen mit 4 Abstechwerkzeugen bestückt werden können, die über CNC-Achsen gesteuert werden.



Abb.: 54 Reika Rohrabstechmaschine

Mit 3-Achsen-CNC-Steuerung für den Abstechvorgang mit Rohrpositionierung:

1. Abstechwerkzeuge

2. DurchmesserEinstellung (Abgreifvorrichtung)

3. Anschlaglose Rohrpositionierung

Direkt-Dateneingabe über Bildschirm-Terminal für:

Rohrdurchmesser, Wanddicke, Abstechgeschwindigkeit, Stückzahl, Standzeitüberwachung etc.

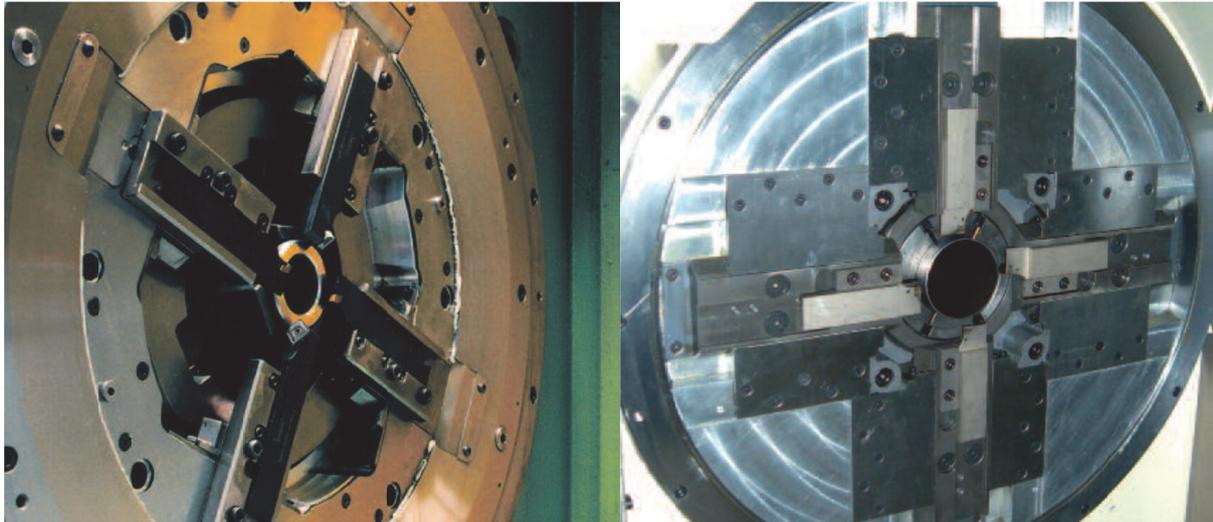


Abb.: 55 Abstechkopf, Abstechwerkzeuge und Schneideinsätze

Der wälzgelagerte Abstechkopf mit stufenlos regelbarer Drehzahl dient zur optimalen Anpassung an die jeweiligen Schnittbedingungen und der Abstechkopf mit den 4 Schlitten übernimmt die Aufnahme der Abstechstahlhalter. Die zentrische Abgreifvorrichtung dient zum Spannen der Rohre vor dem Abstechkopf und zur axialen Abführung nach dem Abstechen.

5.1.1.1 Funktionsablauf

- Einlegen eines komplette Rohrbundes in das Füllmagazin
- Transport der Rohre auf die Vorlageschräge des Lademagazines
- Vereinzeln und Einlegen eines Rohres in den Rollgang
- Fixierung und zentrische Spannung des Rohres durch das Spannsystem des Rohrvorschubwagens
- axiale anschlaglose Positionierung auf Abstechmaß in der Abstecheinheit
- zentrische Spannung vor und hinter dem Schnitt
- Abstechen mit 4 Hartmetallwerkzeugen
- Fertigteilauswurf

5.1.1.2 Technische Daten

Rohrdurchmesser	50 - 270 mm
Wanddicken	1 - 40 mm
Eingangsrohrlängen	3 - 6 m
Restspannlänge	min. 100 mm
Abschnittlänge	30 - 1.000 mm
Material	ST 52
Drehzahl des Abstechkopfes, stufenlos regelbar	100 - 400 U/min
Vorschubgeschwindigkeit, stufenlos regelbar	0,1 - 0,9 mm/U
Steuerung des Vorschubes	elektro-mechanisch
Abstechbreite	4 - 5 mm
Antrieb Abstechkopf	60 kW
Gewicht der Anlage	15.000 kg
Abmessung Länge x Breite	14.261 x 6.134 mm
Umrüstzeit kompletter Dimensionswechsel	ca. 15 min
Werkzeugwechsel Abstechwerkzeuge	ca. 3 min

Tab.: 16 Daten Reika Rohrabstechmaschine (Quelle: Reika)

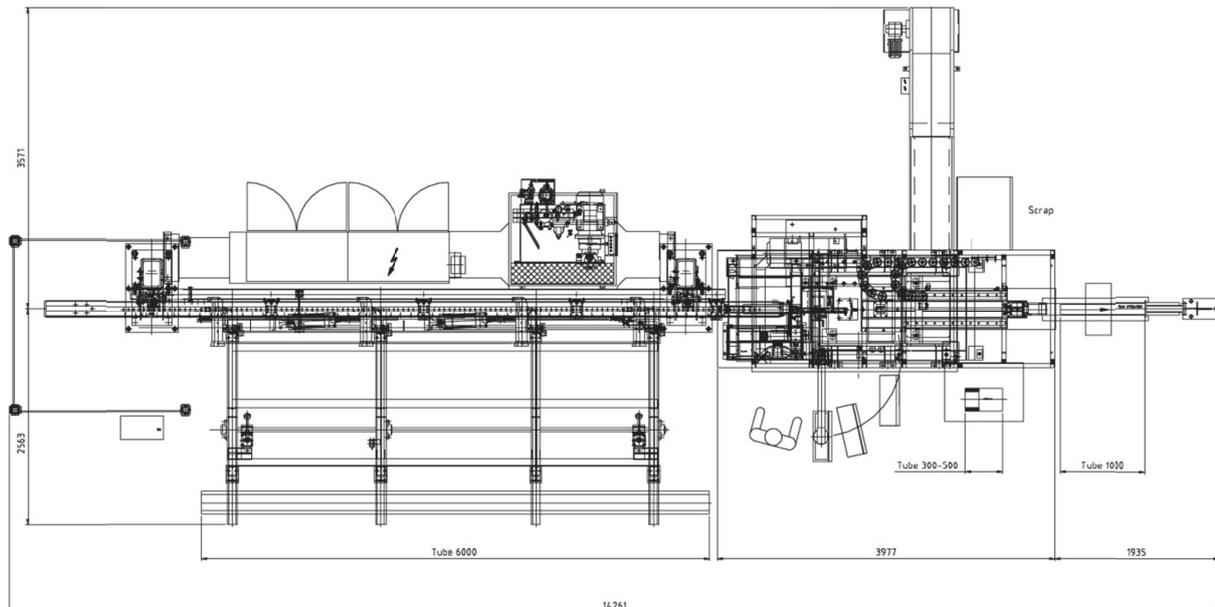


Abb.: 56 Layout Rohrabstechmaschine

5.1.1.3 Taktzeiten

(Abstechen) incl. Nebenzeiten und Rohrwechsel, ohne Werkzeugwechsel

Ausgangsrohrlänge: 6 m

AussenØ [mm]	Länge [mm]	Wanddicke [mm]	Taktzeit [sek]
219,0	500	8,0	15,1
160,0	250	25,0	16,8
230,0	270	30,0	23,6
100,0	170	14,0	12,4

Tab.: 17 Taktzeiten Reika Rohrabstechmaschine (Quelle: Reika)

5.2 Stechen mit rotierendem Werkstück

Bei diesem Verfahren wird das Werkstück in Drehung versetzt und durch linear bewegtes Werkzeug bearbeitet. Weiters können hierbei auch Muffen-Rohlinge von der Maschine komplett außen und auch innen bearbeitet werden.

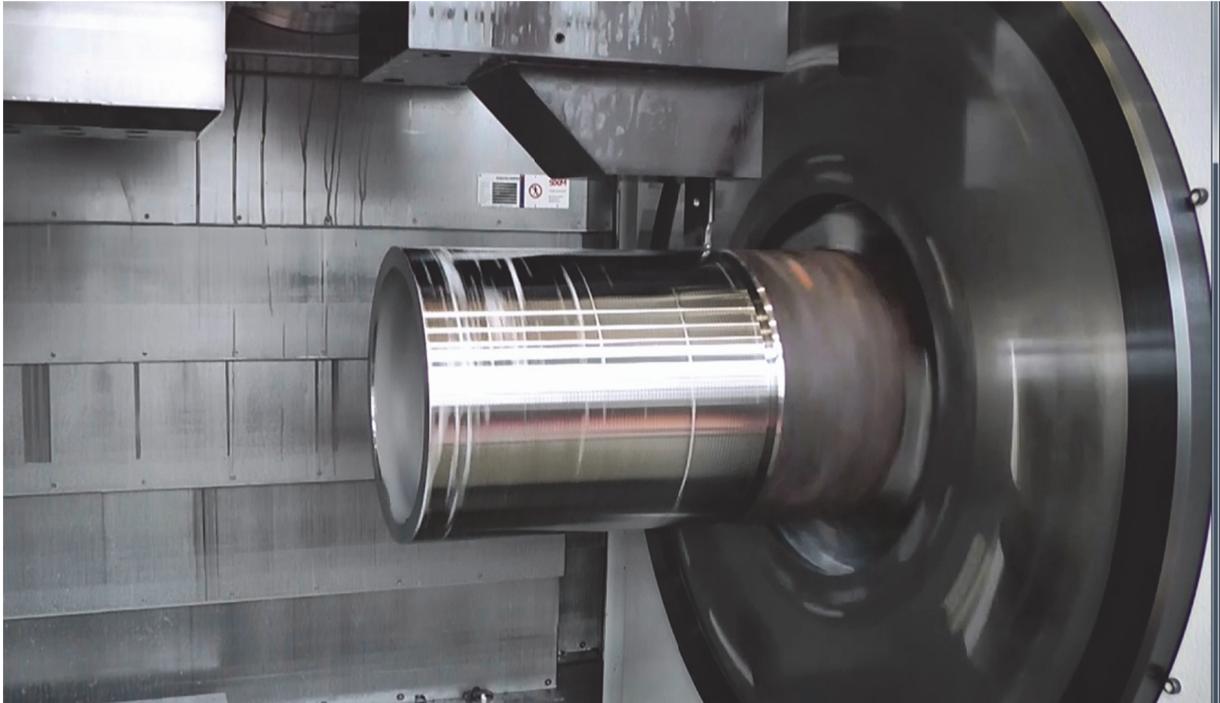


Abb.: 57 Abstechvorgang mit rotierendem Werkstück

5.2.1 EMAG CNC Einspindel Drehzentrum Typ USC 21-290 R



Abb.: 58 Rollgang der USC 21-290 R

5.2.1.1 Maschinenkonzept

Die USC-Baureihe zeichnet sich durch einen steifen Maschinenaufbau aus. Alle Baugruppen der Maschinen sind mechanisch sehr stabil. Hierfür sorgt der Grundkörper aus MINERALIT (Polymerbeton).

Der Hauptantrieb der Rohrbearbeitungsmaschinen ist in die Spindeleinheit integriert und gewährleistet eine hohe Motorleistung sowie ein hohes Drehmoment. Der Direktantrieb besteht aus einem hochdynamischen, frequenzgeregelten und wartungsfreien Asynchron- Spindelmotor. Die stabile Spannung der Rohre erfolgt durch Vorderend- und Hinterendfutter, pneumatisch, hydraulisch oder mechanisch betätigt.

5.2.1.2 Funktionsablauf

Zur Bearbeitung kommen zwei Flachtischrevolver zum Einsatz, die jeweils über einen eigenen Kreuzschlitten verfahren. Pro Revolver stehen vier Revolverstationen zur Verfügung, auf denen verschiedene Werkzeugsysteme eingesetzt werden.

Die Wechselhalter im Revolver nehmen Drehwerkzeuge für die Außen- und Innenbearbeitung auf. Ein ungehinderter Spänefall wird durch die senkrechte Bettkonstruktion und einen großzügig dimensionierten Arbeitsraum sowie Späneförderer gewährleistet.

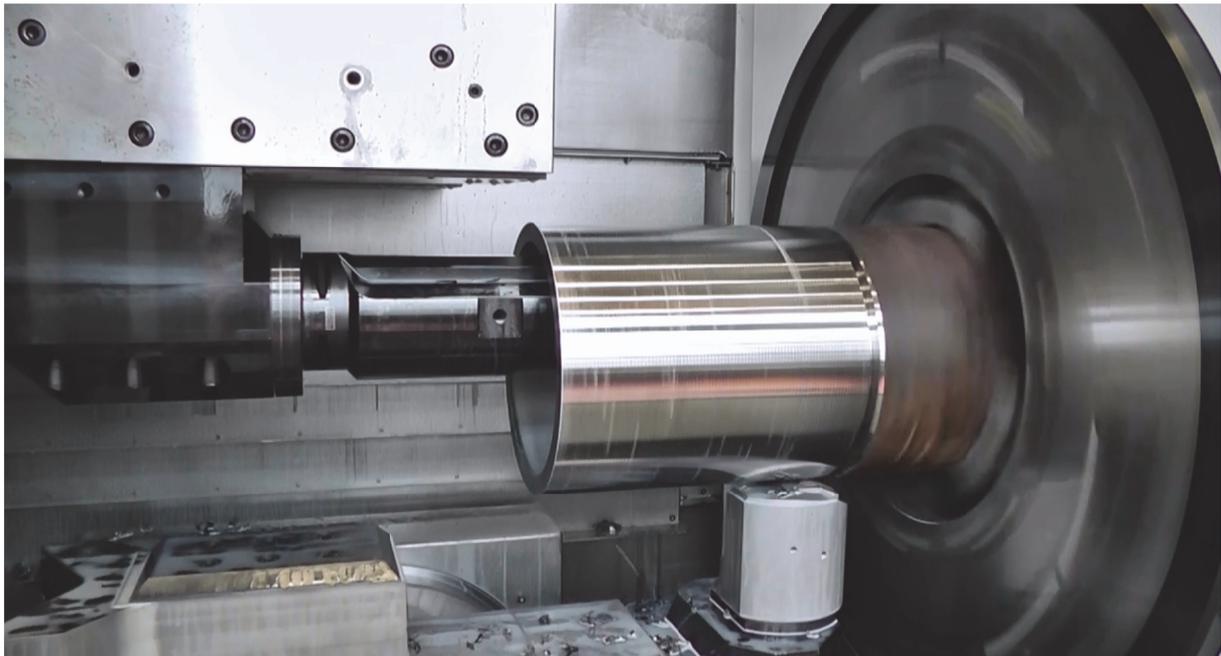


Abb.: 59 Zwei Flachtischrevolver zur gleichzeitigen Innen und Aussenbearbeitung

Das Ausrichten der Rohre am Außen- oder Innendurchmesser erfolgt über eine Zentriereinrichtung mit Zentriereinheit. Während der Bearbeitung wird das Rohrinne gegen Späne und Kühlmittel abgedichtet. Ein Dämpfungsdorn, fest oder abkoppelbar, steht optional für die Bearbeitung von dünnwandigen Rohren zur Verfügung. Die Zentriereinrichtung, der Dämpfungsdorn und der Rohranschlag sind auf separaten Achsen am Maschinengrundkörper aufgebaut.

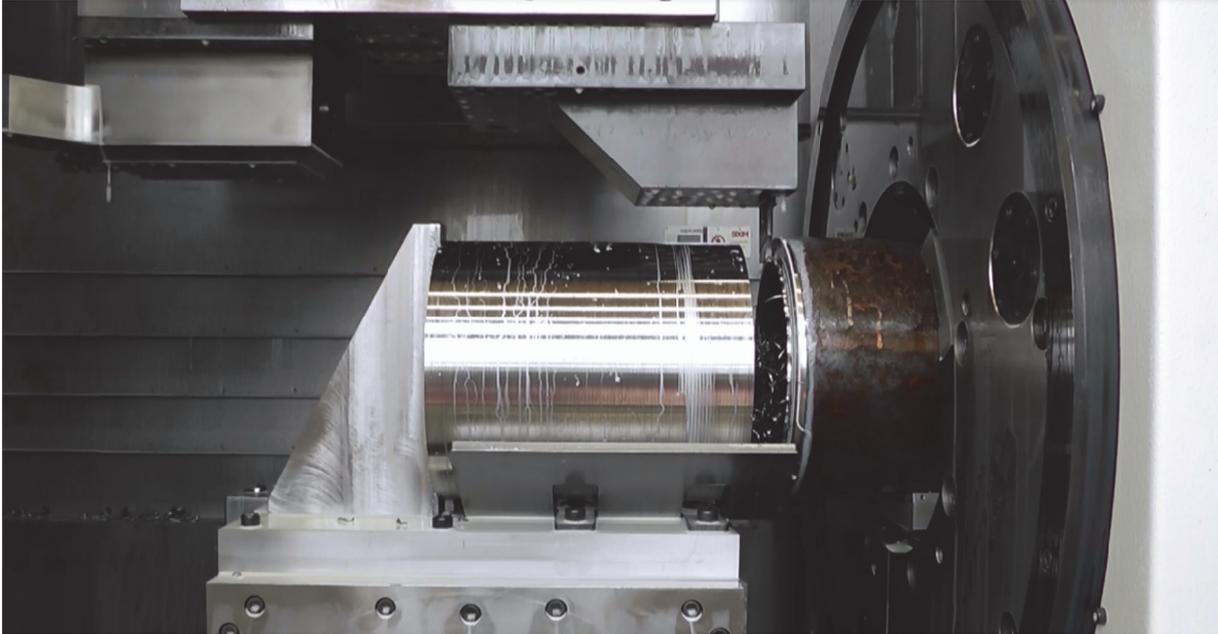


Abb.: 60 Greifsituation des abgestochenen Muffenrohlings

Durch eine Auswahl von fünf Spindelgrößen lassen sich alle Rohrdurchmesserbereiche von 2 3/8“ bis 20“ bearbeiten.

5.2.1.3 Maschinenteile

Grundkörper

Der Maschinengrundkörper aus Mineralit (Reaktionsharzbeton) bietet höchste thermische Stabilität und hervorragende Dämpfungseigenschaften. Mineralit hat ein 6- bis 8fach besseres Dämpfungsverhalten als Grauguss. Der große Abstand der hochpräzisen vorgespannten Linear-Rollenführungen gewährleistet hohe Präzision bei hohen Vorschubgeschwindigkeiten und hohen Schnittkräften.

Der Maschinengrundkörper dient zur Aufnahme der Spindeleinheit, der Kreuzschlitteneinheiten, des Energiecontainers, der Arbeitsraumverkleidung und der Befestigungs- und Aufstellelemente der Maschine.

Spindeleinheit und Hauptantrieb

vorbereitet zur Aufnahme des Hauptantriebes und der Spannfutter an beiden Spindelenden. Hohe Steifigkeit der Spindel durch 2-fach gelagerte Spindel mit optimierten Lagerabständen. Die Präzisionslager sind wartungsfrei geschmiert.

Der Hauptantrieb ist in die Spindeleinheit integriert, wobei der Rotor des Motors direkt auf die Hauptspindel montiert ist und der Stator fest mit dem Gehäuse der Spindeleinheit verbunden ist. Die Motorspindel ist ein hochdynamischer, frequenz geregelter, wartungsfreier AC- Asynchron-Spindelmotor. Durch thermosymmetrischen Aufbau und Kühlsystem wird eine konstante Genauigkeit erreicht. Spindelpositioniergenauigkeit $\pm 0,050$ Winkelgrad (M19).

Kreuzschlitten

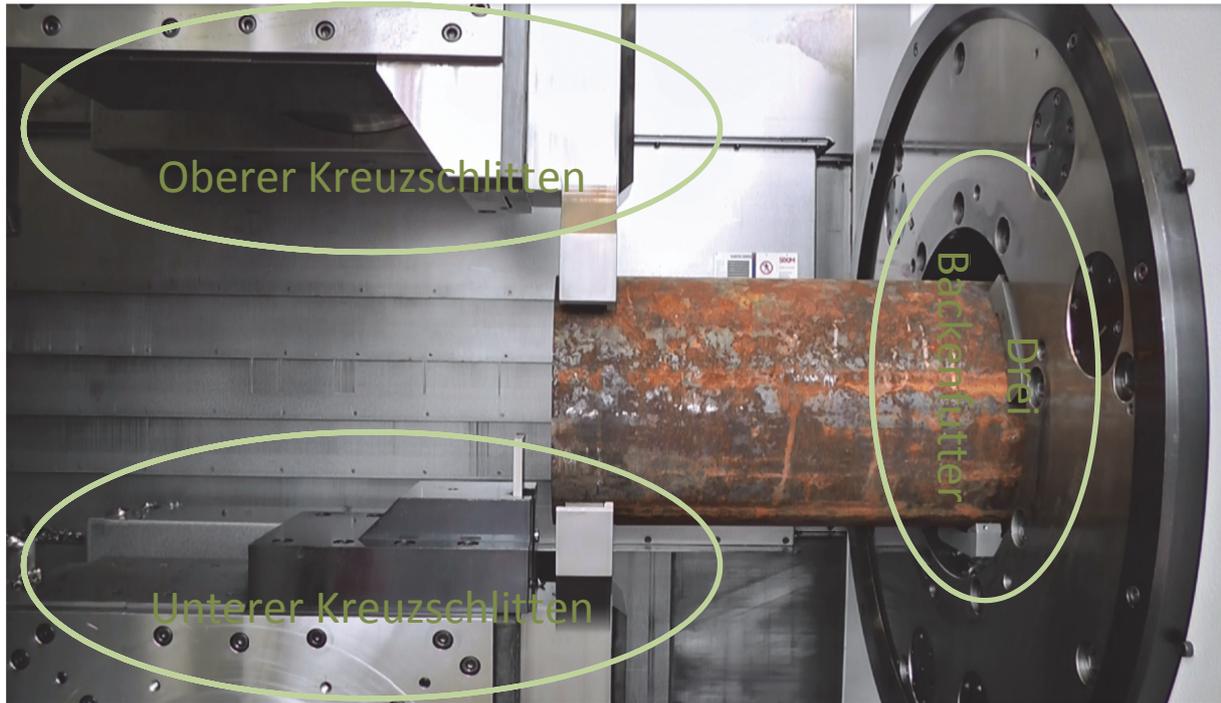


Abb.: 61 Kreuzschlitten und Dreibackenfutter

Oberer Kreuzschlitten

Auf diesem Kreuzschlitten wird der Revolver montiert, der oberhalb der Drehmitte angeordnet ist. Die zweiachsig ausgeführte Kreuzschlitteneinheit ermöglicht hohe Eilganggeschwindigkeiten in der X- und Z- Achse und kurze Nebenzeiten. Zum Achsantrieb werden reaktionsschnelle, frequenzgeregelter und wartungsfreie Drehstrommotoren eingesetzt. Sie treiben die Schlitten über hochpräzise geschliffene Kugelrollspindeln an. Beide Führungssysteme sind vom Arbeitsraum getrennt angeordnet. Die X-Achse ist mit einem direkten Linearmesssystem ausgestattet. Das Rotationsmesssystem der Z-Achse ist im Spindelmotor integriert.

Unterer Kreuzschlitten

Auf diesem Kreuzschlitten wird der Revolver montiert, der unterhalb der Drehmitte angeordnet ist. Alle weiteren Angaben siehe oberer Kreuzschlitten.

Schlittenführungen der Kreuzschlitten

Das Führungssystem der Schlitteneinheit ist mit hochpräzisen vorgespannten Linear-Rollenführungen ausgeführt, deren Reibbeiwert mehr als 10 mal geringer ist, als bei konventionellen Gleitführungen. Dieses System garantiert höchste Fertigungsgenauigkeit und hohe Dynamik.

Spannsystem

Kraftbetätigtes 3-Backen Vorderendspannfutter RF 290

Spannbereich für Rohre mit Nominal- \varnothing 60,3 mm - \varnothing 273,1 mm (2"3/8 - 10"3/4)

mit 3 ausgleichend spannenden Pendelbacken, umstellbar auf zentrische Spannung,

Futteraußen- \varnothing 860 mm; Futterdurchlass 290 mm, Backenhub Spannbacke ca. 25,2 mm,

- ohne Wechselteile

Zentrierung vom Muffenrohr

bestehend aus:

2 Zentriereinheiten - ausgeführt in 3 - Punkt Spannung, montiert an oberem und unterem Revolver

Nach dem Muffenabtrennvorgang greift die Zentriereinheit an das verbleibende Muffenrohr und zieht es um eine Muffenlänge weiter in den Arbeitsraum der Maschine hinein. Danach kann die neue Muffe vorbearbeitet und abgetrennt werden.

Das neue Muffenrohr wird durch die angetriebenen Prismenrollen bzw. die Einschiebeeinrichtung auf dem Maschinenrollgang in den Arbeitsraum der Maschine hinein bewegt.

5.2.1.4 Technische Daten

Arbeitsbereich	
Futterdurchlass max.	290 mm
Spannbereich (Aussendurchmesser)	123,8 – 274 mm
X-Weg	350 mm
Z-Weg	600 mm
Spitzenhöhe	1.550 mm (1.638 mit Fundamentrahmen)
Hauptspindel	
Spindelbohrung	290 mm
maximale Drehzahl Antrieb	1.300 min^{-1}
maximale Drehzahl mit Spannfutter	1.300 min^{-1}
Hauptantrieb	
Drehstrommotor S1 (100% ED)	120 kW
volle Leistung ab Spindeldrehzahl	430 min^{-1}
Moment S1 (100% ED)	2.665 Nm
Vorschubantrieb	
Eilganggeschwindigkeit, X	30 m/min
Eilganggeschwindigkeit, Z	30 m/min
Kugelrollspindel - \varnothing in X und Z	50 mm
Maximalleistung 40 % / 100% ED - X und Z	9,4 / 5,7 kW
Vorschubkraft bei 40 % / 100% ED	16,7 / 10 kN
Moment 40 % / 100% ED - X und Z	30 / 18 Nm
Flaschtisch – Revolver	
Menge	2 Stück
EMAG Standard	4 fach
GRÖSSE, Schlüsselweite	460 mm
Gewicht	
Gewicht ca.	32.000 kg
Hauptabmessungen	
Länge	6.600 mm
Breite	3.800 mm
Höhe	3.400 mm

Tab.: 18 Daten Emag USC 21 (Quelle:EMAG)

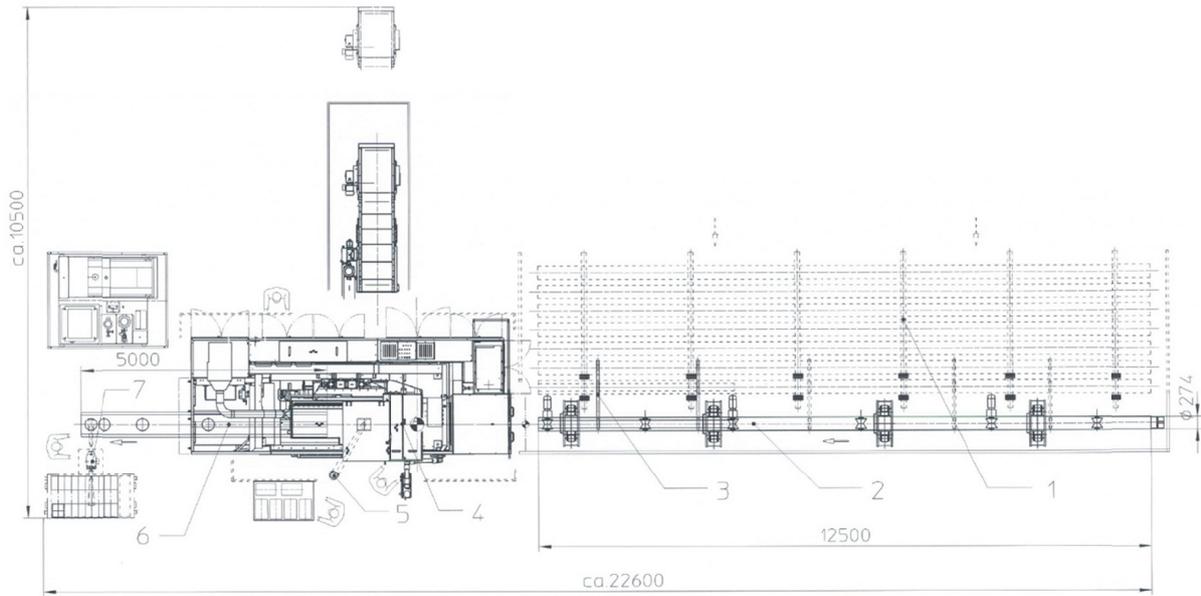


Abb.: 62 Layout Emag USC 21-290 R

5.2.1.7 Taktzeiten

Taktzeiten für fertigbearbeitete OCTG Muffen.

AussenØ [mm]	Länge [mm]	Wanddicke [mm]	Taktzeit [sek]
114,0	195	14,0	62,4
127,0	175	14,0	64,2
154,0	240	23,0	102,0
166,0	240	26,5	107,4
188,0	230	26,0	88,8
188,0	250	27,0	121,2
194,5	260	26,0	124,2
200,0	260	22,5	120,0

Tab.: 19 Taktzeit Emag (Quelle: EMAG)

5.3 Wirbelfräsen

Dieses Verfahren arbeitet nach dem Bearbeitungsprinzip: Rotierendes Werkzeug, stehendes Werkstück (relativ zum Trennkopf).

In das stehende Werkstück taucht ein Spezial-Zirkulärsägewerkzeug in Hartmetallausführung ein.

Das ringförmige, rotierende Werkzeug wird nun planetenartig um das stehende Werkstück, entsprechend der vorgewählten Vorschubgeschwindigkeit, geführt.

Nach einem sanften Anschnitt des feinverzahnten Spezialwerkzeugs wird das Rohr nach 360° Planetendrehung absolut rechtwinklig zum Außendurchmesser abgetrennt.

Durch die konstante Schnittgeschwindigkeit in Verbindung mit der exzentrischen Zustellung der Zirkulärsägeeinheit, werden während des Trennvorganges immer optimale Eingriffsverhältnisse erzielt. So ein Verfahren von der Firma Linsinger ist in der voestalpine Tubulars im Einsatz.

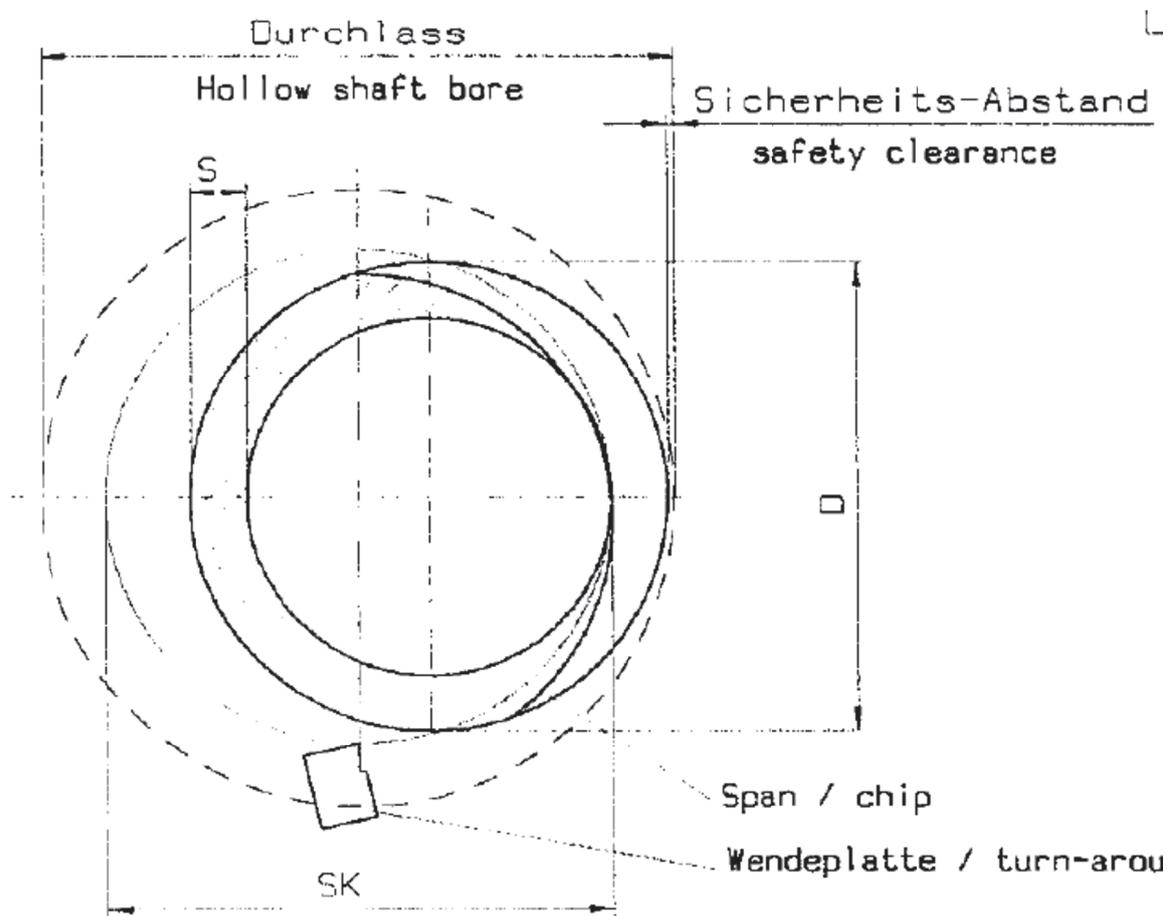


Abb.: 48 Prinzipskizze Rohrtrennen

5.3.1 Reika RingSaw Modell CSM 105



Abb.: 63 RingSaw Modell CSM 105

5.3.1.1 Funktionsablauf

- Einlegen eines komplette Materialbundes in das Füllmagazin
- Transport der Rohre auf die Vorlageschräge des Lademagazins
- Vereinzeln und Einlegen eines Rohres in den Rollgang
- Fixierung und zentrische Spannung der Stange durch das Spannsystem des Vorschubsystems
- axiale anschlaglose Positionierung auf Fixlänge in der Trenneinheit
- zentrische Spannung vor und hinter dem Schnitt
- Trennen mit Hartmetallwerkzeug
- Takt in die Abführstation

5.3.1.2 Maschinenteile

Maschinenunterbau

Ausgebildet zur Aufnahme der Trenneinheit Modell CSM 105 und des Spannförderers, ausgeführt als solide verwindungssteife Schweißkonstruktion. Eine optimale Entsorgung der anfallenden Bearbeitungsspäne der Trenneinheit und Endenbearbeitungseinheit ist gewährleistet.

Zirkularsägeeinheit

Die direkte, zentrische Krafteinleitung der trotz Ihrer kompakten Bauweise robust ausgeführten Zirkularsägeeinheit, gewährleistet, im Gegensatz zur konventionellen Kreissägeetechnik, eine wesentlich höhere Steifigkeit des gesamten Werkzeugsystems.

Vibrations - und Schwingungsverhalten werden, gegenüber einer herkömmlichen Kreissäge, ebenfalls entscheidend verbessert. Zusammen mit einem Spezial-Zirkularsägewerkzeug wird hierdurch die Grundlage für ein wirtschaftliches Trennen auch von hochfesten Werkstoffen geschaffen. Die Schnittflächen sind gratarm, die entstehenden kurzen, kommaförmigen Späne können problemlos abgeführt werden.



Abb.: 49 Ring Saw Trennwerkzeug mit Standard-Schneideinsätzen (Quelle: Reika)

Die Trenneinheit bestehend aus einer stabilen, geschweißten Rahmenkonstruktion die spannungsfrei gegläht ist und mit einem aufgesetztem Horizontal - und Vertikalschlitten. Die Schlitten sind auf vorgespannten Linearführungseinheiten spielfrei gelagert.



Abb.: 64 Vorrohr - Abschnitte

Für die Vorschubantriebe werden Drehstrom- Servo Motoren eingesetzt, die über vorgespannte Kugelrollspindeln die Schlitteneinheiten (Horizontal- und Vertikaleinheit) rechnergesteuert über ein Interpolationsprogramm mit dem vorgewählten Vorschub durch das zu trennende Werkstück fahren.

Die Hauptspindel mit Werkzeugaufnahme ist in vorgespannten Schulterlagern gelagert wie sie seit Jahren in unseren "REIKA" Rohrabstech- und Faseinheiten eingesetzt werden. Der Spindeltrieb erfolgt über einen Hauptspindelmotor mit Zahnriementrieb.

Maschineneinhausung

Komplette Sicherheits- Maschineneinhausung, ausgebildet als solide Sandwich - Blechkonstruktion. In die Verkleidung sind Sichtfenster eingelassen.

Mittels gesicherten Bedientüren ist die Zugänglichkeit sowohl zur Abstecheinheit zu Bedienungs- und Wartungszwecken optimal gewährleistet.

5.3.1.3 Vorteile

- Kein abrasives Trennen - kein Metallstaub
- Nahezu keine Schwingungen - Keine Schwingungsdämpfung notwendig
- Hohe Verfügbarkeit
- Einfache Wartung
- Geringe Geräuschemission
- Geringe Werkzeugkosten

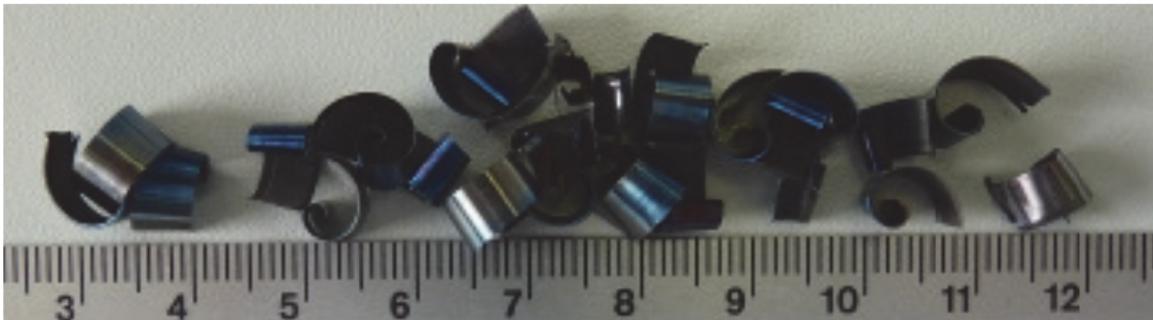


Abb.: 65 Kurze, Kommaförmige Späne

5.3.1.4 Technische Daten

Ausgangsrohre	
Rohr - Außendurchmesser	50 - 270 mm
Wanddicken	1 - 40 mm
Rohr- Einsatzlängen	6,5 - 7,0 m
Werkstoff	C und ST Stähle
Geradheit	< 1 mm/m
Bundgewicht	< 5.000 kg
Einzelgewicht Vorrohr	< 1.000 kg
Fertigteile	
Fertiglängen	30 - 1.000 mm
Einzelgewicht	< 20 kg
Restlänge, ca	100 mm
Zirkularsägeeinheit	
Drehzahl des Sägekopfes, stufenlos regelbar	40 - 400 U/min
Vorschubgeschwindigkeit, stufenlos regelbar	0 - 0,3 mm
Vorschub Sägering	elektro-mechanisch
Trennbreite	4 - 6 mm
Antriebe	
Sägekopf, max.	85 kW
Vorschub X und Y -Achse	18/6,3 kW
Spannung	Hydraulisch/mechanisch
Gewicht/Abmessungen	
Gewicht der Anlage, ca.	30.000 kg
Platzbedarf der Anlage (Länge x Breite x Höhe)	17.203 x 5.866 x 2.500 mm
Technische Verfügbarkeit	> 95 %
Schallemission, max.	85 dB (A)
Mittlere Betriebsleistung, ca.	80 kW
Umrüstzeiten	
Kompletter Dimensionswechsel	ca. 15 min.
Werkzeugwechsel	ca. 3 min.

Tab.: 20 Daten Ring Saw (Quelle: Reika)

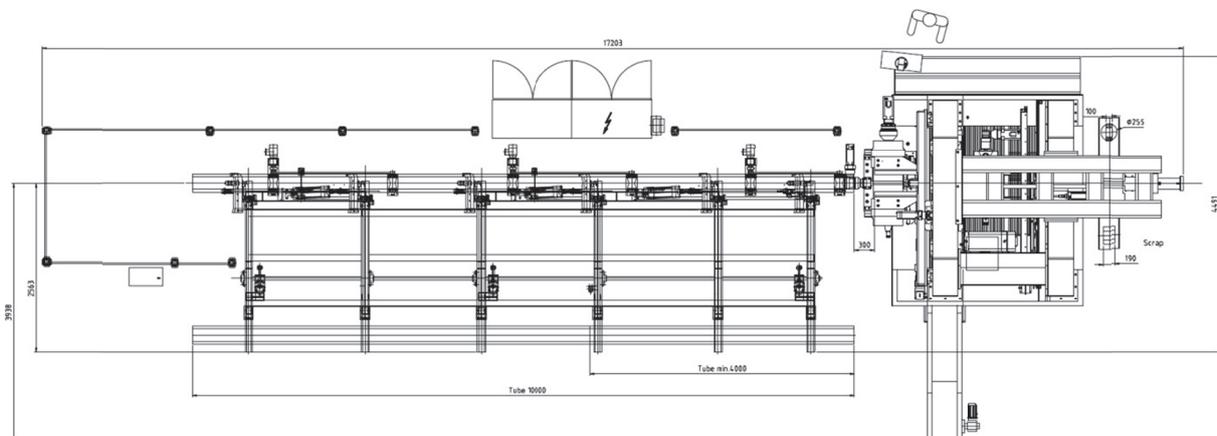


Abb.: 66 Layout Ring Saw

5.3.1.5 Taktzeiten

Trennen inkl. Nebenzeiten, wie Anfangsschnitt, Rohrstück abführen, Rohrwechsel, etc.

Ausgangsrohrlänge: 7 m

AussenØ [mm]	Länge [mm]	Wanddicke [mm]	Taktzeit [sek]
254,0	50	30,0	24,1
230,0	270	30,0	25,8
160,0	250	25,0	21,7
100,0	170	14,0	16,8

Tab.: 21 Taktzeiten Reika Ring Saw (Quelle: Reika)

5.3.2 Linsinger Rohrtrennmaschine RTM 420

Die von LINSINGER entwickelte Rohrtrennmaschine ist dazu bestimmt, aus gewalzten Rohrsträngen oder nach thermischer Behandlung Abschnitte abzustechen, deren Schnittflächen sauber, planparallel sind.



Abb.: 67 Linsinger RTM 420

5.3.2.1 Maschinenteile

Messerkopf

In der Abb.:68 ist der Messerkopf dargestellt er rotiert schnell und bestimmt die Schnittgeschwindigkeit. Die Planetenbewegung dagegen ist vergleichsweise langsam und bestimmt den Vorschub. Nach einer Umdrehung der Planetenbewegung ist der Abstich beendet. Der Messerkopf enthält eine, je Rohrdurchmesser unterschiedliche Anzahl von Werkzeugträgern, in die rasch zu wechselnde Hartmetall-Schneidplättchen eingesetzt werden. Die Maschine wird mit einer CNC-Steuerung ausgestattet. Die Dateneingabe am Display erfolgt mittels Tastatur und ermöglicht ein rasches Umrüsten der Maschine. Die Maschine vor der Lieferung komplett montiert und in

Betrieb genommen. Wenn Probematerial zur Verfügung gestellt wird, kann dieses auch im Rahmen einer Funktionsprüfung und Schulung Ihres Personals im Werk geschnitten werden. Somit kann die Maschine schon vor der Auslieferung in allen Details erprobt werden.



Abb.: 68 Messerkopf mit Spannrollen

Spannsituation

In der Abb.:69 wird das Rohr während des Abstechvorganges beiderseits der Schnittebene gespannt und in dieser Lage gehalten.



Abb.: 69 Spannsituation

5.3.2.2 Vorteile

- Genaue Winkeligkeit
- Saubere Schnittflächen
- Gratarmer Schnitt
- Keine Späne im Rohr
- Geringe Schnittbreite
- Werkzeugwechsel schnell und einfach durch Hartmetallschneidplatten

Diese Werksmontage bzw. die interne Erprobung garantieren eine hohe Funktionssicherheit, sowie eine sehr kurze Montage- und Inbetriebnahmephase am Einsatzort

Die Schnittdaten für die Maschine sind so ausgelegt, dass höchste Wirtschaftlichkeit erzielt wird. Der Verkäufer ist der Ansicht, daß die Maschine selbst auch wesentlich höhere Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe problemlos verkraftet, wodurch kürzere Taktzeiten erzielt werden. Die Standzeiten der Schneidplatten würden dadurch jedoch erheblich reduziert.

5.3.2.3 Technische Daten

Rohrdurchmesser	113 bis 273 mm
Wandstärke	6,0 bis 20,5 mm
Länge	6 bis 12 m
Materialfestigkeitsgruppen	J55, K55, N80, gemäß API 5CT, GOST
Abschnittlänge	minimal 100mm, maximal 600mm
Arbeitshöhe	2.000 mm
Innendurchmesser der Welle	780 mm
Hauptantrieb	ca.130 kW
Spindeldrehzahl	50 – 280 U/min
Schnittgeschwindigkeit	70 – 200 m/min
Vertikalverstelltrieb Y- Achse	36 Nm
Verstellgeschwindigkeit Y-Achse	ca. 5 m/min
Horizontalverstelltrieb X- Achse	27 Nm
Verstellgeschwindigkeit X-Achse	ca. 2 m/min
Höhe der RTM	ca. 3.100 mm
Standfläche der RTM	ca. 3.500 x 2.000 mm
Gesamtgewicht einer RTM	ca. 24.000 kg
Abschnittlänge	minimal 100mm, maximal 600mm

Tab.: 22 Daten Linsinger RTM (Quelle: Linsinger)

5.4 Spezielle Kreissägen

Bei diesem Verfahren arbeiten 2-4 unabhängige Sägestationen, die achsgesteuert das Rohr zuerst an mehreren Stellen gleichzeitig an- und dann in den Segmenten entlang des Umfanges fertig gesägt werden. Es wird mit kleinen beschichteten Sägeblätter mit hoher Zähnezahl gearbeitet. Somit entstehen kleine Späne mit kaum Gratbildung.

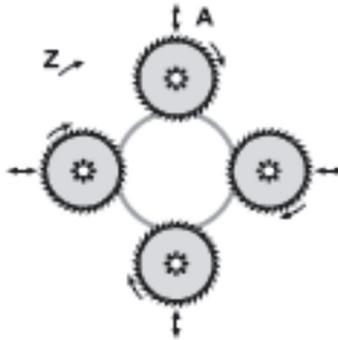


Abb.: 70 Verfahren spezieller Kreissägen

5.4.1 Plantool PTS 3-280

Das QUICK-SYSTEM PTS 3-280 (patentiert) ist eine Hochgeschwindigkeitstrennmaschine, welche speziell für das Ablängen von Muffen Rohlingen und Lagerkomponenten entwickelt wurde.



Abb.: 71 Plantool PTS 3-280

5.4.1.1 Funktionsablauf

Durch das Anheben der Mulde bewegt sich das Rohrbündel nach oben. Über den geneigten Tisch rollt das erste Rohr bis zum Anschlag. Danach bewegt sich das Rohr auf einen Rollenförderer bis zu einer definierten Position.

Der Greifer bewegt das Rohr bis zu einem Sensor, um die genaue Position des Röhrendes zu bestimmen. Daraufhin bewegt er das Rohr schließlich zur Säge und wird durch die Spannelement eingespannt. Hier erfolgt der erste Schnitt, danach wird durch den Greifer die Länge automatisch eingestellt und solange abgeschnitten bis das Rohr zu kurz ist. Der Greifer bewegt dann das Reststück zum Manipulator und dieser entsorgt es in einen dafür vorgesehenen Metallcontainer.

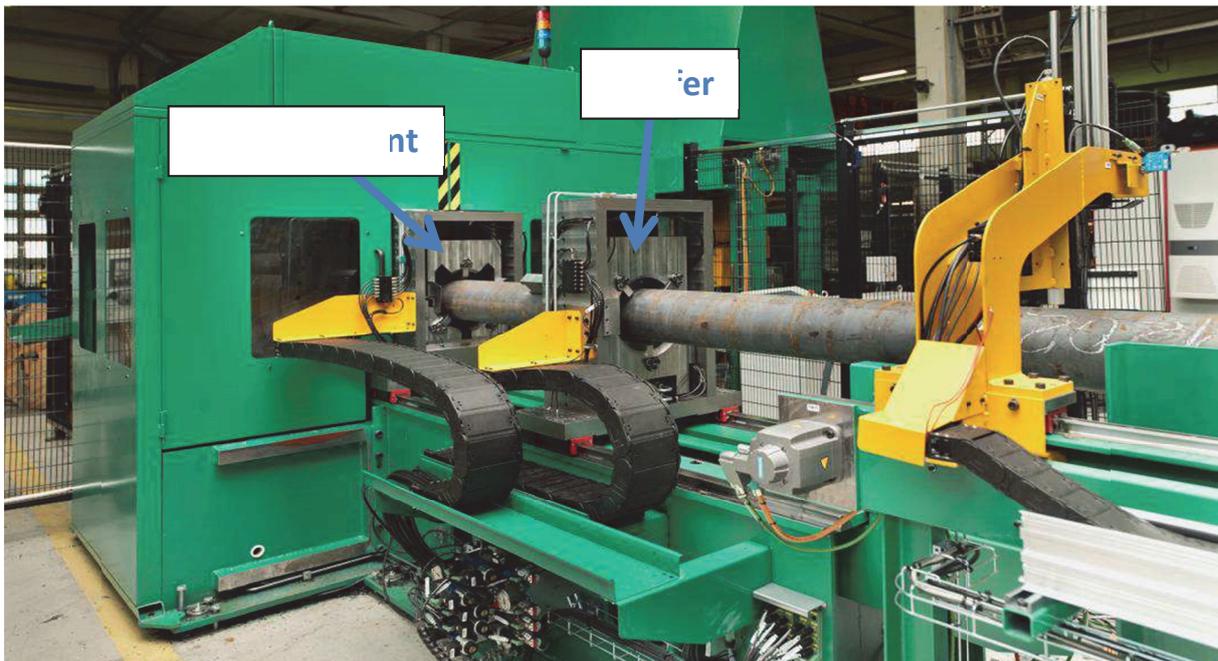


Abb.: 72 PTS 3-280 Spannsituation und Greifer-Zieheinheit

Die abgeschnittenen Muffenrohlinge reihen sich entlang einer Rinne auf und werden dann mit einer anderen Greifarm in die dafür vorhergesehene Metallbox geschichtet.

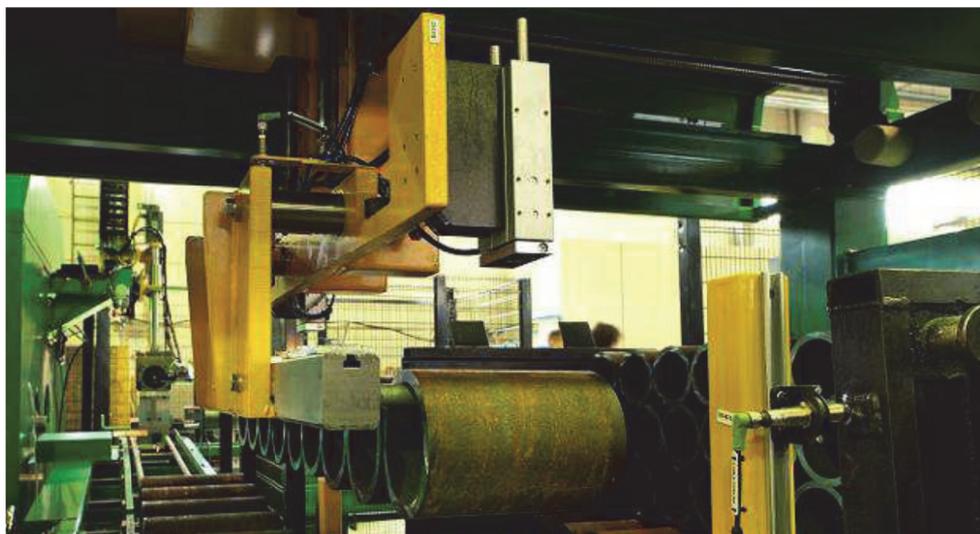


Abb.: 73 Greifarm mit den gereihten Muffenrohlinge

5.4.1.2 Maschinenteile

Zuführung zur Säge mit Rollenförderer

Länge: 12,5 m

Antrieb: Getriebemotor

Rollen: V - Rollen

Höhenverstellung: wenn der Rohrdurchmesser verändert wird, passt sich die Höhe durch die Hehebuchsen, die durch einen Getriebemotor bewegt werden automatisch an.

Zieheinheit: bewegt das Rohr vom Rollenförderer zum Greifer

Rollenantrieb: durch 2 Hydraulikmotoren

Rohreinspannung: wird ebenfalls durch Hydraulik erzeugt

Spannelement und Greifer

Es werden unterschiedliche Backen für die verschiedenen Außendurchmesser genommen.

max. Außendurchmesser: Ø280 mm

max. Bewegungslänge: 1700 mm

max. Bewegungsgeschwindigkeit: 0,5 m/s

Beide Einheiten (Greifer und Spannelement) können unabhängig voneinander gesteuert und durch Servo - Motoren positioniert werden. Im Schnittprozess ist Spanneinheit immer möglichst nahe am Sägeblatt. Der Mindestabstand von der Kante des Spannelements zum Sägeblatt beträgt 20 mm. Während des Schnittvorgangs, fungiert der Greifer als zusätzliches robustes Klemmelement.



Abb.: 74 Spannelement und Greifer

Da Stangenvorschub und Spannelement einzeln gesteuert werden können, gibt es ein Maximum an Flexibilität für den Beförderungsvorgang. Die Sägeeinheiten sind am Drehrahmen montiert. Die Rotation erfolgt mittels Servoantrieb und einem Zahnkranz.



Abb.: 75 Sägeeinheiten mit Spanneinheiten

Abtransport der Muffenrohlinge

Muffenbeförderer: Die abgetrennten Muffenrohlinge werden an der Innenseite des Rohlings gepackt und aus der Maschine herausbefördert.

Manipulator: Dieser packt den Rohling vom Muffenbeförderer zur Rinne

Lineare Bewegungsgeschwindigkeit: 50 m/min



Manipulator

Muffenbeförderer

Abb.: 76 Abtransport der Rohlinge

5.4.1.3 Vorteile

- schnelles Sägen durch gleichzeitiges Schneiden von 3 Sägeblättern
- 3 Schnitteinheiten - orbitales Schnittmuster
- gute Oberflächenqualität des Schnittes; minimaler Schnittversatz
- robuste Bearbeitungsbedingungen
- weniger Materialverlust durch schmale Sägeblätter
- schnelle Einrichten der Maschine bei Dimensionswechsel
- Erhöhung der Produktivität durch das schnelle Schnittverfahren und das einfache Handling der Rohlinge
- Hartmetall bestückte Kreissägeblätter
- einzelne Bewegung der Sägeblätter durch Servomotoren
- Luftkühlung der Spindelmotoren
- durch die grafische Visualisierung können alle drei Spindeleinheiten leicht überwacht werden

5.4.1.4 Technische Daten

Außendurchmesser max.	280 mm (11 ")
Innendurchmesser min.	50 mm mit einem 315 mm Kreissägeblatt
Wandstärke	10 - 40 mm
Vorrohrlängen	4000 - 12500 mm
Geradheit	max. 1,5 mm auf 1 m Länge
Abschnittslängen	max. 300 mm
Längentoleranz	± 0,2 mm (Bauteillänge)
Rechtwinkligkeit	etwa ± 0,2 mm
Dimensionswechsel	ca. 5 – 10 min.
Sägeeinheiten(3-tlg.)	
Spindelmotorleistung	15 kW
Sägeblattdurchmesser	315 mm (250 mm - 315 mm)
Drehgeschwindigkeit	0 ... 500 U/min
Schneidgeschwindigkeit	0 - 495 m/min
Vorschubgeschwindigkeit	max. 3,75 m/min

Tab.: 23 Daten Plantool (Quelle: Plantool)

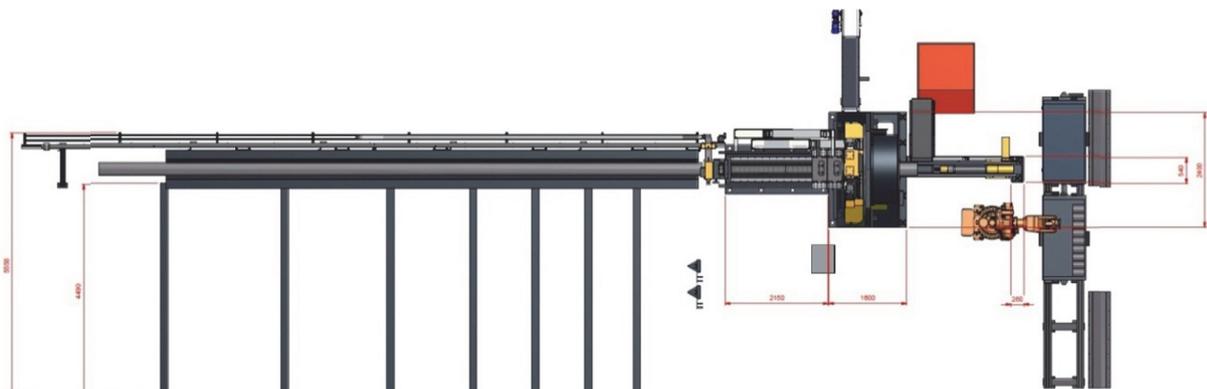


Abb.: 77 Layout Plantool PTS 3-280



Abb.: 78 Dimensionen einiger Schnittstücke

5.4.1.5 Schnittdaten

Einige Beispiele für die Plantool PTS 3-280:

Material	Schnittgeschwindigkeit Vc (m/min)	Zahnbelastung fz (mm/z)	Lebensdauer des Sägeblattes (m ²)
Wälzlagerstahl	220 – 300	0,10 – 0,14	~ 5 – 10
Baustahl	240 – 320	0,12 – 0,18	~ 10 – 15
Vergütungsstahl	220 – 300	0,10 – 0,16	~ 5 – 10
API N80	180 – 220	0,10 – 0,14	~ 5 – 10
API J55	220 – 260	0,12 – 0,16	~ 5 – 10

Tab.: 24 Schnittdaten Plantool (Quelle: Plantool)

Die tatsächliche Lebensdauer des Sägeblattes hängt von der Materialqualität und der Legierung ab.

5.4.1.6 Taktzeiten

AussenØ [mm]	Länge [mm]	Wanddicke [mm]	Taktzeit [sek]
127,0	225	14,5	12,29
166,0	237	17,6	16,14
166,0	237	21,0	16,43
187,7	245	21,0	17,48
194,5	254	21,0	17,82
245,0	270	21,6	20,81
269,9	270	26,0	25,53

Tab.: 25 Taktzeiten Plantool (Quelle: Plantool)

5.4.2 Linsinger Rohrtrennmaschine Multicut MC2/MC3

Eine Multicut-Säge arbeitet mit 2-4 unabhängigen Sägestationen. Die Längentoleranz ist äußerst gering und die Schnittflächen sind eben, sauber und gratarm. Der Vorschubschlitten ist als stabile Rahmenkonstruktion ausgeführt, wodurch die Spann- und Schnittkräfte in bestmöglicher Form aufgenommen werden.

Alle Komponenten sind solide ausgeführt und spielfrei gelagert und ermöglichen dadurch hohe Schnittleistungen bei entsprechender Werkzeugstandzeit.



Abb.: 79 Linsinger Multicut MC3

5.4.2.1 Funktionsablauf

Die Sägeeinheit bewegt sich in Schneideposition, welche den Anfang des Rohres durch ein Messrad erkennt und an die Steuerung weitergegeben wird. Nach dem das Rohr bis zur gewünschten Abschnittslänge durchgefahren ist, bewegt sich die Sägeeinheit mit dem Rohr in Liniengeschwindigkeit vorwärts. Die Einlaufseitige Spanneinrichtung schließt sich und klemmt sich an das Rohr. Die Auslaufseitige Spanneinrichtung schließt sich. Die Trenneinheiten stechen in das Rohr ein und durch eine 120°/180° Drehbewegung der Trennstation wird das Rohr abgeschnitten. Anschließend öffnen sich die Spanneinrichtungen und die Sägeeinheit fährt im Eilvorschub zurück zur Startposition.

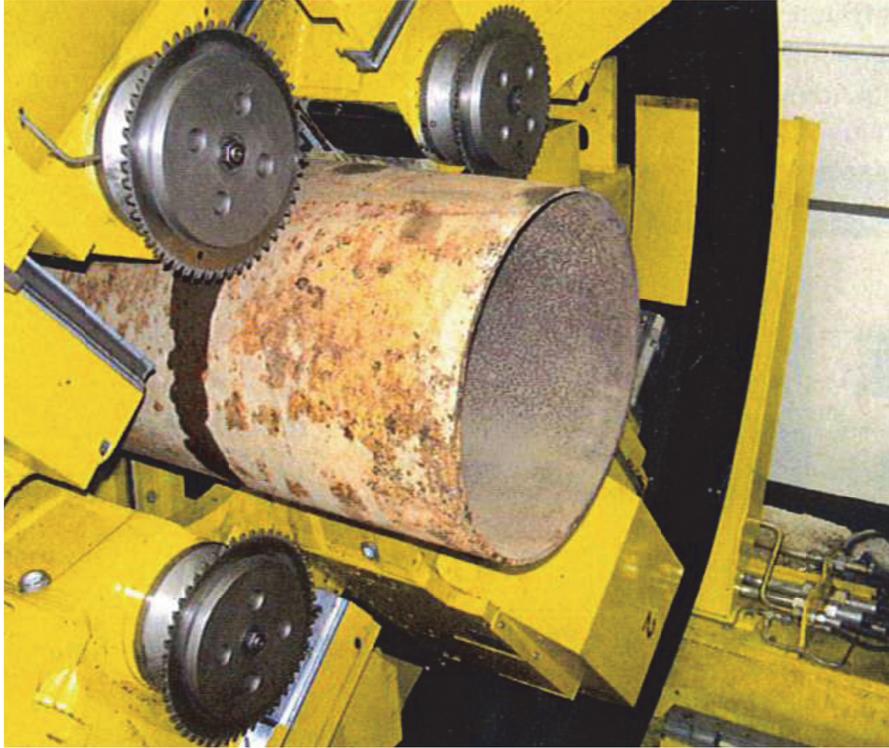


Abb.: 80 Sägeeinheit der Multicut

Positionierung für Kopfschnitt:

Rohr wird mittels Hebe- und Übergabe- Einrichtung vom kundenseitigen Kettenförderer auf den Einlaufrollgang gelegt.

Entsprechend den empfangenen Daten (Sägeposition) wird das Rohr mit dem Rollgang und mit Hilfe des Messsystems positioniert.

Sägezyklus:

Nach der Freigabe der Transporteinrichtungen zum Sägetakt, und zuvor eingestellter Maschinenhöhe (je nach Rohrdurchmesser), erfolgt folgender Ablauf:

- Die Spanneinrichtungen werden geschlossen und mit Spanndruck beaufschlagt
- Je nach Durchmesser erfolgt das Trennen mit einer, zwei oder drei Trenneinheiten.
- Die Vorschubschlitten fahren in Ausgangsposition und stechen danach ins Material ein.
- Trennen mit 3 Einheiten erfolgt mit einer Drehbewegung um 120°
- Nach dem Sägevorgang wird die Spanneinrichtungen gelöst.
- Die Vorschubschlitten fahren im Eilrücklauf an den Ausgangspunkt zurück.

Entladen:

Schrottstück gleitet über Rutsche in den kundenseitigen Schrottcontainer.

Rohr wird in rückwärts aus der Säge transportiert und auf Kettenförderer gelegt

5.4.2.2 Maschinenteile

Trennstationen

Das Trennfräswerkzeug wird über ein schräg verzahntes Stirnradgetriebe von einem regelbaren Motor angetrieben. Das Fräsgetriebe verfügt über eine Flanschaufnahme. Das Sägeblatt wird durch 1 Befestigungsschraube fixiert.

Auf dem Fräsgehäuse sind Führungsschuhe angeordnet. Die axiale Zustellung erfolgt über vorgespannte Kugelrollspindel, Zwischengetriebe und AC-Servomotor. Die radiale Bewegung erfolgt über Ritzel und Zahnsegment durch einen AC-Servomotor. Auf einer drehbaren Führungsscheibe sitzen gesamt 3 Fräseinheiten. Die Zerspanung erfolgt trocken bzw. mit Minimalschmierung.

Spanneinrichtungen

Zwei unabhängige hydraulisch betätigte Spanneinrichtungen vor und hinter der Sägeebene bewirken ein funktionsgerechtes Halten des Rohres bei jedem Sägeschnitt. Die einlaufseitige Spanneinrichtung ist schwimmend ausgeführt. Sie legt sich ans Rohr an und wird dann hydraulisch gesperrt.

Die auslaufseitige Spanneinrichtung arbeitet zentrisch mit angepassten Spannschalen um auch dünnwandige Rohre und kurze Abschnitte sicher sägen zu können. Die Spanneinrichtungen sind für bessere Zugänglichkeit axial abrückbar. Die Spanneinrichtungen stützen sich in der Rahmenkonstruktion ab.

5.4.2.3 Vorteile

- kurze Trennzeiten
- effiziente Automatisierung mit Roboter – automatischer Werkzeugwechsel ohne Produktionsunterbrechung
- Werkzeug-Wechselzeit 30 Sekunden pro Sägeblatt
- gratarmer, verkaufsfähiger Schnitt
- hohe Verfügbarkeit durch Ausfallsstrategie (trennen mit 2 Einheiten möglich)
- automatische Abschnittentnahme durch Roboter

5.4.2.4 Technische Daten

Festigkeit	400 – 1.100 MPa
Ausgangslänge	6.000 – 14.800 mm
Durchmesser	80 – 273 mm
Wanddicke	10 – 40 mm
Abschnittslänge	100 – 400 mm
Maschine	
Breite	4.200 mm
Länge	4.000 mm
Höhe	4.200 mm
Gewicht	23.000 kg
Trenneinheit	
Sägeblattdurchmesser	340 mm
Schnittgeschwindigkeit	max. 300 m/min
Antrieb	je Einheit 54 kW

Tab.: 26 Daten Linsinger Multicut (Quelle: Linsinger)

5.4.2.5 Taktzeiten

Die Angaben beziehen sich auf Durchschnittswerte, die je nach Materialqualität variieren können. Eine Schnittdatenoptimierung kann erst im Produktionsbetrieb durchgeführt werden.

Im Sägetakt ist die reine Sägezeit und die Spann-Entspann- Zeit enthalten.

Die Gesamttaktzeit beinhaltet zusätzlich noch den Kettentransport, das Heben und Senken des Rollganges, den Ein- und Auslauf- Transport sowie die Positionierung. Diese Nebenzeit wurde mit 12 Sekunden angenommen und muss im Laufe der Projektierung noch genau ermittelt und festgelegt werden.

AussenØ [mm]	Länge [mm]	Wanddicke [mm]	Taktzeit [sek]
80,0	180	10,0	20,6
100,0	200	10,0	22,2
130,0	210	20,0	25,0
150,0	220	25,0	26,8
181,3	240	32,0	29,6

Tab.: 27 Taktzeiten Multicut (Quelle: Linsinger)

6. Bewertung der gängigen Trennverfahren

Trennverfahren	Aussen \emptyset	Aussen \emptyset	Wandstärke	Schnittbreite	Bemerkungen
	max. [mm]	min. [mm]	max. [mm]	min. [mm]	
Spanloses Trennen	90	32	6,2	-	
Rohrlaserschneiden	220	20	15	1	Hohe Wärmeeinbringung
Wasserstrahlschneiden von Rohren	600	50	100	1	Rohr in Becken / Korrosion / Strahlablenkung / Wasseraufbereitung
Hartmetall Bandsägen	830	10	830	1,3	Zu langsam 1,8 min für $\emptyset 270 \times 40 \text{mm}$
Hartmetall Kreissägen	273	20	40	7,1	Zu langsam 58 sek. für $\emptyset 273 \times 40 \text{mm}$ / hoher Materialverlust durch Schnittbreite

Tab.: 28 Vergleich der gängigen Trennverfahren

6.1 Fazit

Alle in Kapitel 3 untersuchten Trennverfahren sind nicht in der Lage, die Voraussetzungen für eine geeignete Trennanlage zu erfüllen.

Das spanlose Trennen erfüllt nicht die erforderlichen Abmessungen.

Das Rohrlaserschneiden erfüllt zum Teil nicht die geforderten Abmessungen und ist durch den Wärmeeintrag des Laserstrahls ungeeignet, da durch die Wärmeeinwirkung das Gefüge verändert wird.

Beim Wasserstrahlschneiden von Rohren sind vor allem die baulichen Maßnahmen zu hoch/teuer. Das ganze Rohr muss unter Wasser geschnitten, und der Strahl muss nach Durchdringen der Rohrwand aufgefangen werden. Die Wasseraufbereitung gestaltet sich auch als schwierig, da einerseits der Materialabtrag gefiltert werden muss und einen hohen Korrosionsschutz aufweisen soll.

Das Hartmetall Bandsägen erfüllt die geforderten Abmessungen, ist jedoch deutlich zu langsam.

Das Hartmetall Kreissägen erfüllt auch die Abmessungen, hat aber durch die hohe Schnittbreite einen erheblich größeren Materialverlust und ist leider noch immer zu langsam. Aufgrund dieses Ergebnisses wurde nach speziellen Rohrtrennmaschinen recherchiert.

7. Vergleich der speziellen Trennverfahren für Rohre

7.1 Beschreibung der Methodik

Die Gewichtung erfolgt von 1 bis 3 wobei 1 einen niedrigsten Wert und drei den höchsten Wert einnimmt. Die Gewichtung und Punktebewertung wurde in Abstimmung mit der Betriebsleitung für die Auslegung der Maschine angepasst. Für jedes Trennverfahren werden daraufhin Punkte von 1 bis 5 vergeben. Die Gesamtpunkte setzen sich mit der Multiplikation der Punkte mit der Gewichtung und anschließender Addition zusammen. Weiters wurden die Schnittkosten pro m^2 in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Firmen ermittelt.

7.2 Reika Rohrabstechmaschine 254/CNC

Kategorie	Gewichtung	Hersteller: Reika Rohrabstechmaschine Typ: 254/CNC	Punkte
System	-	rotierendes Werkzeug + stehendes Rohr Abstechen mit 4 Stechwerkzeugen auf Planschiebereinheiten	-
Dimensionsbereich	2	AD 50-270 mm WD 1-40 mm ID min. n.a.	5
Längenbereich	1	30-1.000mm	5
Toleranzen	2	Längentoleranz: $\pm 0,15$ mm Rechtwinkligkeit: n.a.	5
Schnittbreite	2	min 4 mm	3
Leistung / Mittlere Taktzeit	2	100,0 x 14,0 L 170: 12,1s 160,0 x 25,0 L 250: 16,6s 219,0 x 8,0 L 500: 15,0s 230,0 x 30,0 L 270: 23,5s	5
Prozesssicherheit	3	kritisch durch lange Späne bei großem AD / großer WD	2
Laufende Kosten	3	14 €/m ² bei Problemen mit Spänen Faktor 3-4	5
Investitionskosten	2	1.050.000€	3
Referenzanlagen	-		-
Gesamtpunkte			68

Tab.: 29 Reika Rohrabstechmaschine 254 / CNC

7.2.1 Zusammenfassung der Reika Rohrabstechmaschine 254/CNC

Die Reika Rohrabstechmaschine überzeugt auch mit schnellem Abstechen von Stahlrohren. Sie verfügt über 4 Stechwerkzeuge auf Planschiebereinheiten, die über ein CNC-Programm gesteuert werden. Die Schnittbreite der Hartmetall bestückten Werkzeuge ist mindestens 4 mm, was zu einem erhöhten Materialverlust im Vergleich zum Sägen führt. Kritisch wird auch die Prozesssicherheit bei Güten (z.B: sauergasbeständige Stähle) bei denen lange Fließspäne zu erwarten sind, die den Prozess erheblich behindern können.

7.3 EMAG CNC Einspindel Drehzentrum USC 21-290 R

Kategorie	Gewichtung	Hersteller: EMAG CNC Einspindel Drehzentrum Typ: USC 21-290 R	Punkte
System	-	linear bewegte Werkzeuge + rotierendes Rohr Durchstechen der Rohrwand + Drehung des Werkstücks	-
Dimensionsbereich	2	AD 60-270 mm WD 5-40 mm ID min. n.a.	5
Längenbereich	1	Bis 460mm	5
Toleranzen	2	Längentoleranz: $\pm 0,15$ mm Rechtwinkligkeit: $\pm 0,1$ mm	5
Schnittbreite	2	min 4 mm / meist 8-10 mm	1
Leistung / Mittlere Taktzeit	2	komplett Vorbearbeitung 114,0 x 14,0 L 195: 62,4s 166,0 x 26,5 L 240: 107,4s 194,5 x 26,0 L 260: 124,2s	2
Prozesssicherheit	3	Gefahr von Unwucht bei krummen Rohren	1
Laufende Kosten	3	14 €/m ² bei Problemen mit Spänen Faktor 3-4	5
Investitionskosten	2	1.800.000€	2
Referenzanlagen	-		-
Gesamtpunkte			53

Tab.: 30 Emag CNC Einspindel Drehzentrum USC 21-290 R

7.3.1 Zusammenfassung der EMAG CNC Einspindel Drehzentrum USC 21-290 R

Die Emag zeichnet sich dadurch aus, dass sowohl Außenbearbeitungen als auch Innenbearbeitungen durchgeführt werden können. Da sich aber das ganze Rohr zur Bearbeitung drehen muss, treten Vibrationen bzw. Unwuchten auf. Ein weiterer großer Nachteil ist, dass man zum Herstellen von Premium Muffen bei der Innenbearbeitung des Rohlings ein Steg gefertigt werden muss, das gelingt bei einer einseitigen Bearbeitung nicht. Beim Abstechen mit einem Werkzeug müssen auch große Schnittbreiten verwendet werden, dass wiederum zu einem noch höheren Materialverlust führt. Kritisch wird auch die Prozesssicherheit bei Güten bei denen lange Fließspäne zu erwarten sind.

7.4 Reika Ring Saw CSM 105

Kategorie	Gewichtung	Hersteller: Reika Ring Saw Typ: CSM 105	Punkte
System	-	rotierendes Werkzeug + stehendes Rohr Zirkularsägen bis zu 22 Stechwerkzeugen Durchstechen der Rohrwand + Exzenterbewegung um die Rohrachse	-
Dimensionsbereich	2	AD 50-270 mm WD 1-40 mm ID min. n.a.	5
Längenbereich	1	30-1.000mm	5
Toleranzen	2	Längentoleranz: $\pm 0,15$ mm Rechtwinkligkeit: $\pm 0,1$ mm	5
Schnittbreite	2	min 4 mm	3
Leistung / Mittlere Taktzeit	2	100,0 x 14,0 L 170: 16,7s 160,0 x 25,0 L 250: 21,7s 230,0 x 30,0 L 270: 24,5s 254,0 x 30,0 L 50: 24,0s	4
Prozesssicherheit	3	hoch durch kurze kommaförmige Späne	5
Laufende Kosten	3	28 €/m ²	4
Investitionskosten	2	1.100.000€	3
Referenzanlagen	-		-
Gesamtpunkte			72

Tab.: 31 Reika Ring Saw CSM 105

7.4.1 Zusammenfassung der Reika Ring Saw CSM 105

Die Reika Ring Saw besteht durch ein Spezial-Zirkularsägewerkzeug mit Hartmetall Schneideinsätzen. Das ringförmige, rotierende Werkzeug wird um das stehende Werkstück exzentrisch geführt. Die Schnittflächen sind dadurch gratarm, und die kommaförmigen Späne können problemlos abgeführt werden. Durch diese Trenntechnik ist die Prozesssicherheit sehr groß. Im Vergleich zu den vorherigen Trennverfahren braucht die Ring Saw für einen Schnitt länger und der Materialverlust ist im Vergleich zum Sägen ist auch höher.

7.5 Linsinger Rohrtrenmaschine RTM 420

Kategorie	Gewichtung	Hersteller: Linsinger Rohrtrenmaschine Typ: RTM 420	Punkte
System	-	rotierendes Werkzeug + stehendes Rohr Wirbelfräsen mit 10-16 Stechwerkzeugen Durchstechen der Rohrwand + Exzenterbewegung um die Rohrachse	-
Dimensionsbereich	2	AD 113-273 mm WD 6-21 mm ID min. n.a.	0
Längenbereich	1	100-600	5
Toleranzen	2	Längentoleranz: $\pm 0,3$ mm Rechtwinkligkeit: $\pm 0,2$ mm	5
Schnittbreite	2	min 4 mm	3
Leistung / Mittlere Taktzeit	2	-	0
Prozesssicherheit	3	hoch durchsichelförmigen Kurzspan	5
Laufende Kosten	3	28 €/m ²	5
Investitionskosten	2	500.000€	5
Referenzanlagen	-		-
Gesamtpunkte			58

Tab.: 32 Linsinger Rohrtrenmaschine RTM 420

7.5.1 Zusammenfassung der Linsinger Rohrtrenmaschine RTM 420

Die Linsinger RTM funktioniert ähnlich wie die Reika Ring Saw. Die laufenden Kosten wurden in der voestalpine Tubulars ermittelt, da hier schon so eine Maschine für kleinere Durchmesser im Einsatz ist. Diese Maschine erfüllt nicht den geforderten Dimensionsbereich. Ansonsten bietet sie ähnliche Stärken und Schwächen wie die Reika Ring Saw.

7.6 Plantool PTS 3-280

Kategorie	Gewichtung	Hersteller: Plantool Typ: PTS 3-280	Punkte
System	-	rotierende Sägeeinheiten die auf einem Drehrahmen montiert sind + stehendes Rohr; Säge mit 3 beschichteten HM-Blättern Ø 315mm; Durchstechen der Rohrwand + Drehung des Rahmens mit den montierten Sägen;	-
Dimensionsbereich	2	AD max. 280 mm WD 10-40 mm ID min. 50 mm	5
Längenbereich	1	max. 300mm	5
Toleranzen	2	Längentoleranz: ±0,2mm (Bauteillänge) Rechtwinkligkeit: ±0,2mm	5
Schnittbreite	2	2 mm	5
Leistung / Mittlere Taktzeit	2	166,0 x 21,0 L 237: 16,43s 194,5 x 21,0 L 254: 17,82s 269,9 x 26,0 L 270: 25,53s	5
Prozesssicherheit	3	Hoch durch sichelförmigen Kurzspan	5
Laufende Kosten	3	40 €/m ²	2
Investitionskosten	2	1.340.000€ (opt. Drehposition., Zaun, Roboter)	3
Referenzanlagen	-	voestalpine Tubulars	-
Gesamtpunkte			75

Tab.: 33 Plantool PTS 3-280

7.6.1 Zusammenfassung der Plantool PTS 3-280:

Die Plantool überzeugt durch ihr schnelles gleichzeitiges Sägen mit drei Sägeblättern. Des Weiteren ist eine hohe Prozesssicherheit durch die sauberen, geraden Schnittoberflächen gegeben. Ein weiterer Vorteil sind die schmalen Sägeblätter, dadurch entsteht weniger Materialverlust beim Sägen. Ein großer Nachteil sind die relativ teuren Sägeblätter, welche die laufenden Kosten in die Höhe treiben.

7.7 Linsinger Rohrtrennmaschine Multicut MC3

Kategorie	Gewichtung	Hersteller: Linsinger Rohrtrennmaschine Typ: Multicut MC3	Punkte
System	-	rotierende Sägeeinheiten die auf einem Drehrahmen montiert sind + stehendes Rohr; Säge mit 3 beschichteten HM-Blättern Ø 340mm; Durchstechen der Rohrwand + Drehung des Rahmens mit den montierten Sägen;	-
Dimensionsbereich	2	AD max. 273 mm WD 10-40 mm ID min. 80mm	0
Längenbereich	1	100-400	5
Toleranzen	2	Längentoleranz: ±0,3 mm Rechtwinkligkeit: ±0,2mm	5
Schnittbreite	2	min 2 mm	5
Leistung / Mittlere Taktzeit	2	80,0 x 10,0 L 200 20,6s 100,0 x 10,0 L 300 22,2s 130,0 x 20,0 L 300 25,0s 150,0 x 25,0 L 350 26,8s 181,3 x 32,0 L 380 29,6s	4
Prozesssicherheit	3	hoch durchsichelförmigen Kurzspan	5
Laufende Kosten	3	40 €/m ² wie Plantool	3
Investitionskosten	2	1.050.000€	3
Referenzanlagen	-		-
Gesamtpunkte			63

Tab.: 34 Linsinger Rohrtrennmaschine Multicut MC3

7.7.1 Zusammenfassung der Linsinger Rohrtrennmaschine Multicut MC3

Die Linsinger Multi Cut funktioniert ähnlich wie die Plantool erreicht aber nicht den gewünschten Innendurchmesser. Die Schnittleistungen, Schnittbreite sowie die Prozesssicherheit sind sehr gut. Wiederum sind die Sägeblätter sehr teuer, welche die laufenden Kosten in die Höhe treiben.

8. Vorbearbeitung der Muffenrohlinge

Eine Vorbearbeitung der Muffenrohlinge ist sinnvoll, da aufgrund der immer dickwandigeren Muffenvorrohre die Bearbeitungszeit in den Drehautomaten steigt und dadurch weniger Muffen produziert werden können. Mit einer richtigen Vorbearbeitungsmaschine könnte man bis zu vier bestehende Drehautomaten versorgen, die sich dann die Schrupparbeiten ersparen. Dadurch wird Durchsatz erheblich erhöht. Es wurden zwei Möglichkeiten zur Vorbearbeitung untersucht: das Drehen und das Spindeln. Beim Spindeln (Ausdrehen von Bohrungen) steht das Werkstück still, das Werkzeug rotiert und wird durch die Bohrung vorgeschoben. Im Gegensatz zum Spindeln dreht sich hier das Werkstück, es führt die Hauptschnittbewegung mit seiner Rotation aus. Das fest eingespannte Werkzeug wird am drehenden Werkstück mit Hilfe des Werkzeugschlittens entlang bewegt, um einen Span abzuheben; es führt die Zustell- und Vorschubbewegung aus.

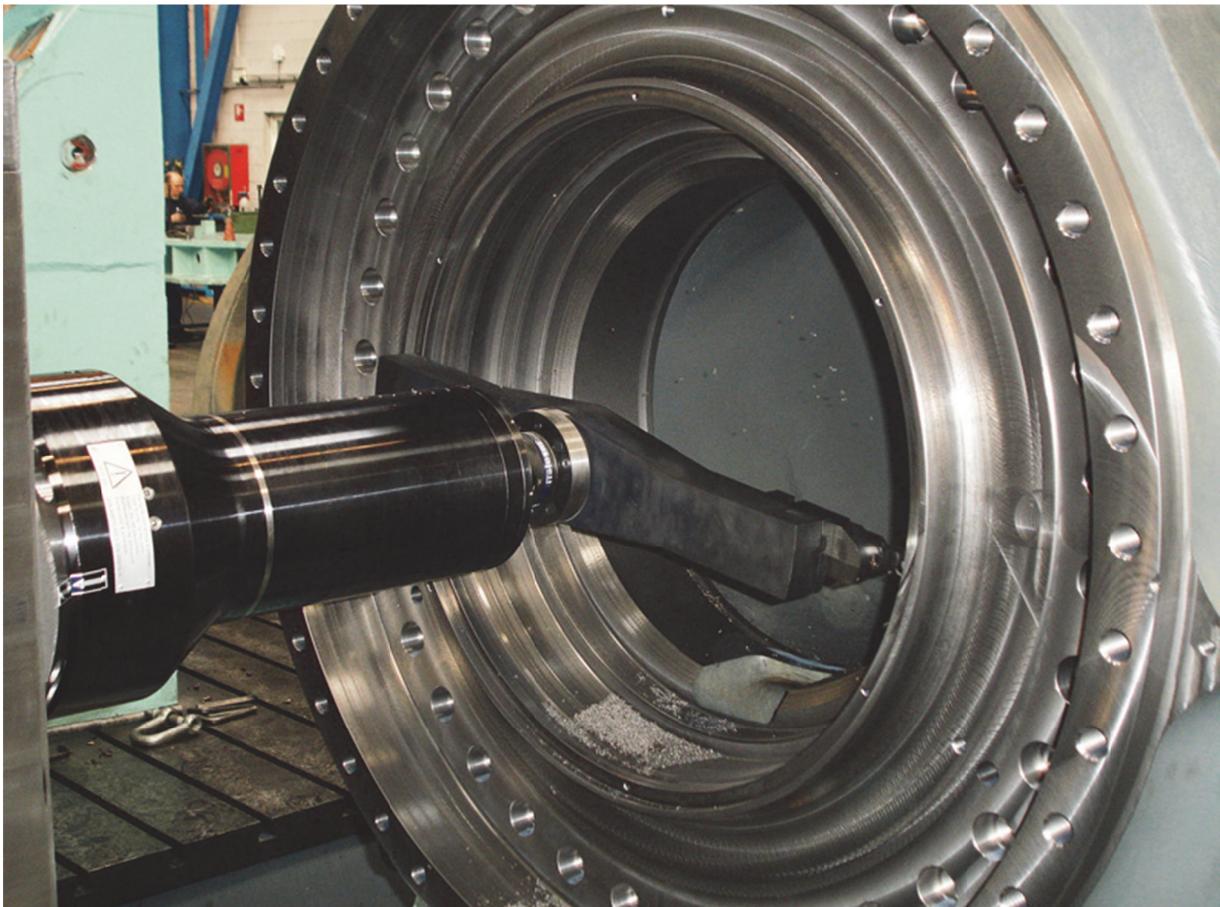


Abb.: 81 Ausspindelmaschine (Quelle: bimatec.de)

Die Spindel wird hauptsächlich für den Prototypenbau und bei Sondermaschinen eingesetzt. Die Spankontrolle (Spänewickler) gestaltet sich beim Spindel sehr schwierig. Die Werkzeugstandzeit ist im Vergleich zum Drehen deutlich höher und die Flexibilität deutlich geringer. Es ergibt sich auch kein Kostenvorteil im Vergleich zum Drehen. Für eine sinnvolle Vorbearbeitung empfiehlt sich dann nur noch das Drehen.

8.1 Vertikaldrehen

Das Vertikaldrehen ist ein sehr produktives Verfahren zur Bearbeitung von runden Werkstücken. Das Vertikaldrehen ist ein zerspanendes Fertigungsverfahren für Metalle. Beim Vertikaldrehen mit hängender Spindel (auch vertikales Pick-up-Drehen genannt) übernimmt die Arbeitsspindel sowohl die Bearbeitungsoperationen (Vertikaldrehen, Bohren, Fräsen, ...) als auch die Automation. Sogenannte Vertikaldrehmaschinen oder auch vertikale Pick-up-Drehmaschinen werden vor allem in Bereichen eingesetzt, wo runde Werkstücke aus Metall in hoher Stückzahl und mit hohen Qualitätsanforderungen hergestellt werden.



Die Hauptspindel mit Werkstück führt alle notwendigen Bewegungen in den Achsen aus. Der Weg von der Aufnahme über die Bearbeitung bis zur Ablage erfolgt in einem rasanten Ablauf. Das Werkzeug ist vollständig stationär unterhalb des Werkstücks angeordnet. Es bewegt sich zu keinem Zeitpunkt während des Vertikaldreh-Vorgangs (Bearbeitung).

8.1.1 Vorteile des Vertikaldrehens

Bei der Produktion von Getrieberädern, Kettenrädern, Schiebemuffen, Teilen für CVT-Getriebe, Gelenkzapfen, Pleueln, Kipphebeln, Lagerringen oder Kolbenringen erweist sich bereits die Position des Werkzeugs, das sich unterhalb des Werkstücks befindet, als ein entscheidender Pluspunkt.

Diese Anordnung bietet einen denkbar günstigen Spänefall und macht nicht zuletzt auch die Trockenbearbeitung zu einem unkomplizierten Prozess. Alle Baugruppen der Vertikaldrehmaschinen sind stabil und schwingungsarm ausgelegt.

8.1.2 EMAG CNC-Zweispindeldrehzentrum Typ VSC 400 DUO CM

Diese Maschine dient zur Bearbeitung von Ölfeldmuffen im Durchmesserbereich von 2 3/8" - 9 5/8" mit einem eingesetzten Standardfutter. Die maximale Rohteillänge beträgt 320 mm. Es können verschiedene Gewindeverbindung je nach Kundenspezifikation gefertigt werden.



Abb.: 82 Emag Zweispindeldrehzentrum

Mit diesem vertikalen Produktionszentrum VSC 400 DUO CM werden Muffen aller im OCTG-Bereich herzustellenden Gewindearten vor- oder auch komplett bearbeitet.

Basis der VSC-Baureihe ist ein stabiler Grundkörper aus Polymerbeton MINERALIT®. Die Bauform DUO verfügt über zwei getrennte Arbeitsräume und damit über jeweils unabhängig programmierbare Portalschlitten.

Jeder Arbeitsraum trägt in der Stirnwand je einen programmierbaren EMAG Scheibenrevolver. So können beide Spindeln sowohl identische als auch unterschiedliche Arbeitsabläufe ausführen.

8.1.2.1 Funktionsablauf

Das Rohteil fährt über ein Förderband bis zu einer Sensorposition und wird dann mit dem Portalgreifer auf eine der vier Positionen auf dem Shuttle abgelegt.



Abb.: 83 Portalkran mit Shuttle

1. Rohteil wird zur 1. Spindel zugeführt

1. Spindel macht OP10

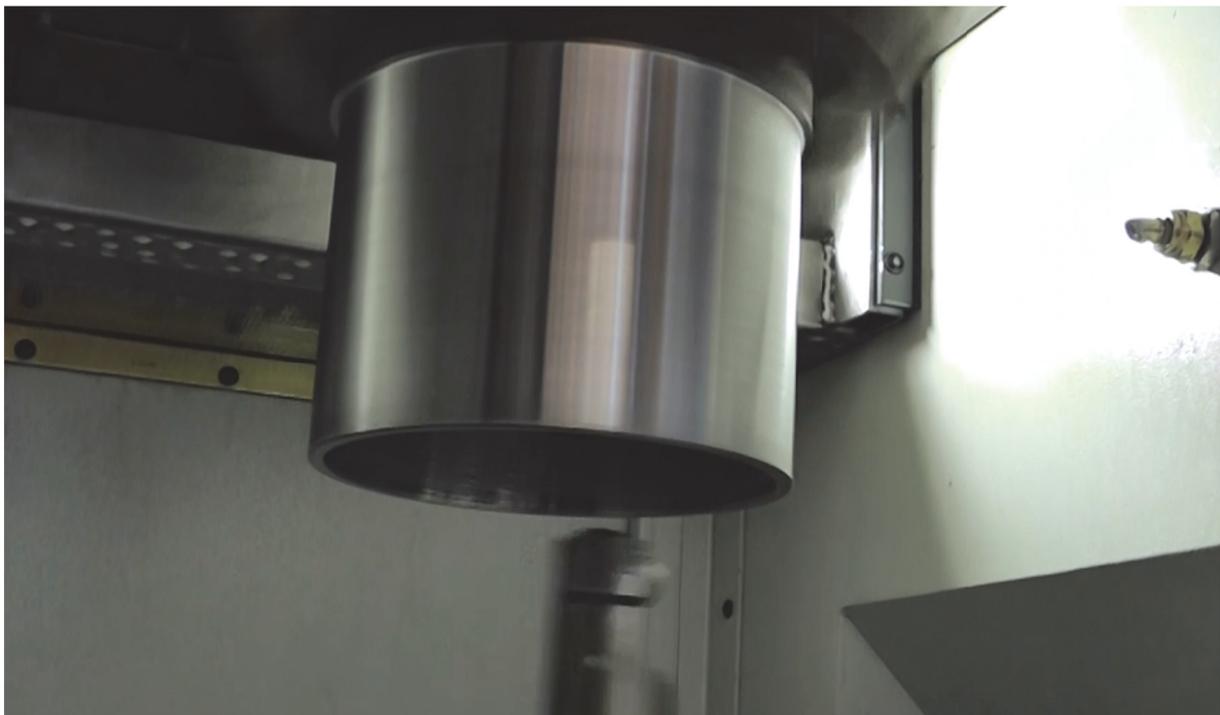


Abb.: 84 Spindel 1 OP10

1. Halbfertigteil wird auf Palette abgelegt, 1. Spindel nimmt 2. Rohteil



Abb.: 85 Portalkran beim Aufsetzen des Rohlings

1. Halbfertigteil wird mit Portalgreifer gewendet.

1. Halbfertigteil geht zu 2. Spindel und macht OP20



Abb.: 86 Aufnahme des Rohlings durch ein Sechs-Backenfutter

Zum Schluss werden die fertigen Muffen wieder über ein Förderband zurücktransportiert.



Abb.: 87 Fertigteile am Ende des Förderbandes

8.1.2.2 Maschinenteile

Maschinengrundkörper

bestehend aus zwei Einzelementen. Somit erfolgt keine gegenseitige Beeinflussung während der Bearbeitung. Zum einfachen Transport der Maschine werden beide Grundkörper mechanisch gekoppelt.

Die Maschinengrundkörper aus Mineralit (Reaktionsharzbeton) bieten höchste thermische Stabilität und hervorragende Dämpfungseigenschaften. Mineralit hat ein 6- bis 8fach besseres Dämpfungsverhalten als Grauguss.

Der große Abstand der beiden hochpräzisen vorgespannten Linear-Rollenführungen in der X-Achse gewährleistet hohe Präzision bei hohen Vorschubgeschwindigkeiten und hohen Schnittkräften. Die Führungen liegen außerhalb des Arbeitsraumes und benötigen deshalb keine Abdeckungen.

Portalschlitten

Diese Einheiten sind mit getrennten X- und Z-Achsen pro Spindel ausgeführt. Beide Spindeln sind über die CNC-Steuerung unabhängig voneinander programmierbar. Kurze Nebenzeiten beim Werkstückwechsel und beim Anfahren des Messtasters durch hohe Eilganggeschwindigkeiten.

Zum Achsantrieb sind reaktionsschnelle, wartungsfreie AC-Synchronantriebe mit digitaler Regelung eingesetzt. Die X- und Z-Achse wird durch einen Motor und eine hochpräzise Kugelrollspindel angetrieben.

Die Führungen der X- und Z-Achse sind als hochgenaue vorgespannte Rollenführungen mit gekapselten Linear-Messsystemen ausgeführt.

Ein Vorschubmotor mit integrierter Bremse stoppt bei NOT-AUS oder Stromausfall die Vertikalachse.

Motorspindel

Jede Spindeleinheit mit Motorspindel.

Die Motorspindeln sind hochdynamische frequenzgeregelt wartungsfreie AC-Asynchron-Spindelmotoren.

Hohe Steifigkeit der Spindel durch 3-fach gelagerte Spindel mit optimierten Lagerabständen, Präzisionsschulterlager in Tandem-O Anordnung. Zusätzliches Stützlager am Spindelende mit Längenausgleich. Alle Lager haben wartungsfreie Dauerfettschmierung.

Sperrluft verhindert, dass Verunreinigung von außen eindringen kann.

Die Führung der Spindelpinole (nur diese führt die Z-Bewegung aus) ist hydrostatisch gelagert und garantiert Dämpfung, beste Führungsqualität und Steifigkeit bei kleinster Reibung.

Durch thermosymmetrischen Aufbau und Kühlsystem konstante Genauigkeit.

Spindelpositioniergenauigkeit +/- 0,050 Winkelgrad (M19)

+/- 0,01 Winkelgrad (C-Achse)

offenes Werkstücktransportsystem (Shuttle)

für den Werkstücktransport durch die Maschine, je ein separates Prisma für die Rohteile und die bearbeiteten Werkstücke.

Werkstückdurchmesser max. 250 mm

Werkstückhöhemax. 320 mm

Werkstückgewicht max. 60 kg

Vom umrüstfrei ausgeführten Shuttle greift die Pick-up-Spindel die Rohteile und legt die Fertigteile auf dem Shuttle ab. Die Werkstücke werden zur Übernahme durch die Pick-up-Spindel NC-gesteuert positioniert. Unterschiedliche Werkstückdurchmesser und -höhen werden im NC-Teileprogramm definiert.

Portallader

für Nominaldurchmesser 2 3/8" - 9 5/8" max. Werkstückgewicht 60 kg

bestehend aus:

- 1 Längsträger
- 2 Stützen
- 1 Laufwagen mit 1 horizontalen CNC-Achse und 1 vertikalen CNC-Achse.
- 2 Greifereinheiten mit 1 Schwenkeinheit, montiert auf der vertikalen Achseinheit.

inkl. Software für Steuerung, Programmierung; Dienstleistungen und Einfahren.

kombiniertes Zuführ- und Abführband

für Muffen bis A- \emptyset 250 mm, Rohteillänge max. 320 mm, max. Gewicht 60 kg

- Zuführband für Rohteile, ausgeführt als angetriebenes Scharnierkettenband

Länge ca. 2.000 mm,

mit Ablageposition und einstellbarem Werkstückanschlag,

mit einstellbarer Seitenführung.

- Abführband für Fertigteile, ausgeführt als angetriebenes Scharnierkettenband

Länge ca. 2.000 mm,

mit Ablageposition und Werkstückanschlag,

mit einstellbarer Seitenführung.

Späneförderer

links oder rechts

Späneabwurfhöhe 1.800 mm, Gliederbandausführung.

Mit integriertem Kühlschmiermittelbehälter, Inhalt ca. 450 l.

Mit Hebepumpe zum Kühlmittelbehälter, inkl. Schwimmerschalter.

Max. Zugkraft 7.175 daN bei 70 bar. Der Spanndruck ist manuell stufenlos einstellbar. Der Spannzylinder wird durch ein Linearmesssystem in seinem Weg und mit Druckschalter auf seinen Spanndruck überwacht. Kühlmittel wird durch die Hauptspindel und durch einen Futterbohrungsverschlussdeckel mit Düsen zugeführt.



Abb.: 88 Gesamtgröße des Zweispindeldrehzentrums

8.1.2.3 Technische Daten

Arbeitsbereich	
Futterdurchmesser	450 mm
Umlaufdurchmesser	460 mm
X-Weg	850 mm
Z-Weg	315 mm
Hauptspindel Anzahl 2	
Spindelflansch nach DIN 55026	Größe 11
Spindellagerungsdurchmesser vorn	160 mm
maximale Drehzahl	3.400 min-1
Spindelabstand	1.055mm
Hauptantrieb Anzahl 2	
AC-Asynchronmotor 40/100% ED	60/57KW
volle Leistung ab Spindeldrehzahl	670min-1
Moment 40/100% ED	1.200/820Nm
Vorschubantrieb	
Eilganggeschwindigkeit, X	45m/min
Eilganggeschwindigkeit, Z	30m/min
Vorschubkraft in X und Z	11kN
Kugelrollspindel - \varnothing in X/ Z	50/40mm
Scheibenrevolver	
Zylinderschaftaufnahme	DIN 69880 2x8fach
Schaftdurchmesser	60mm
Abmessungen und Gewicht	
Länge	4.300mm
Breite	2.400mm
Höhe	3.500mm
Gewicht	ca.18.500kg

Tab.: 35 Daten EMAG Zweispindeldrehzentrum (Quelle: EMAG)

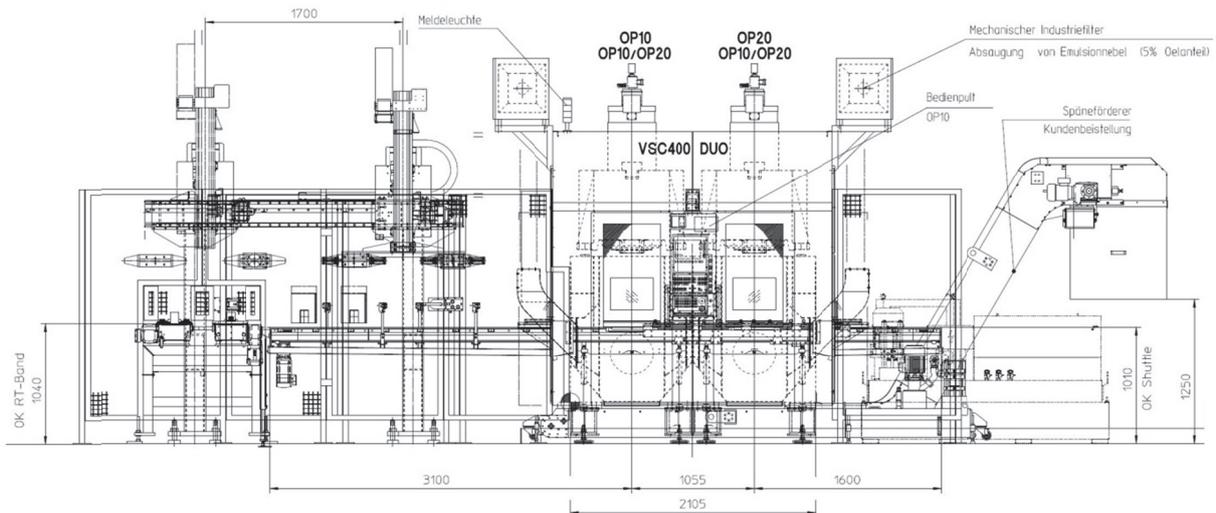


Abb.: 89 Layout VSC 400 DUO Vorderansicht

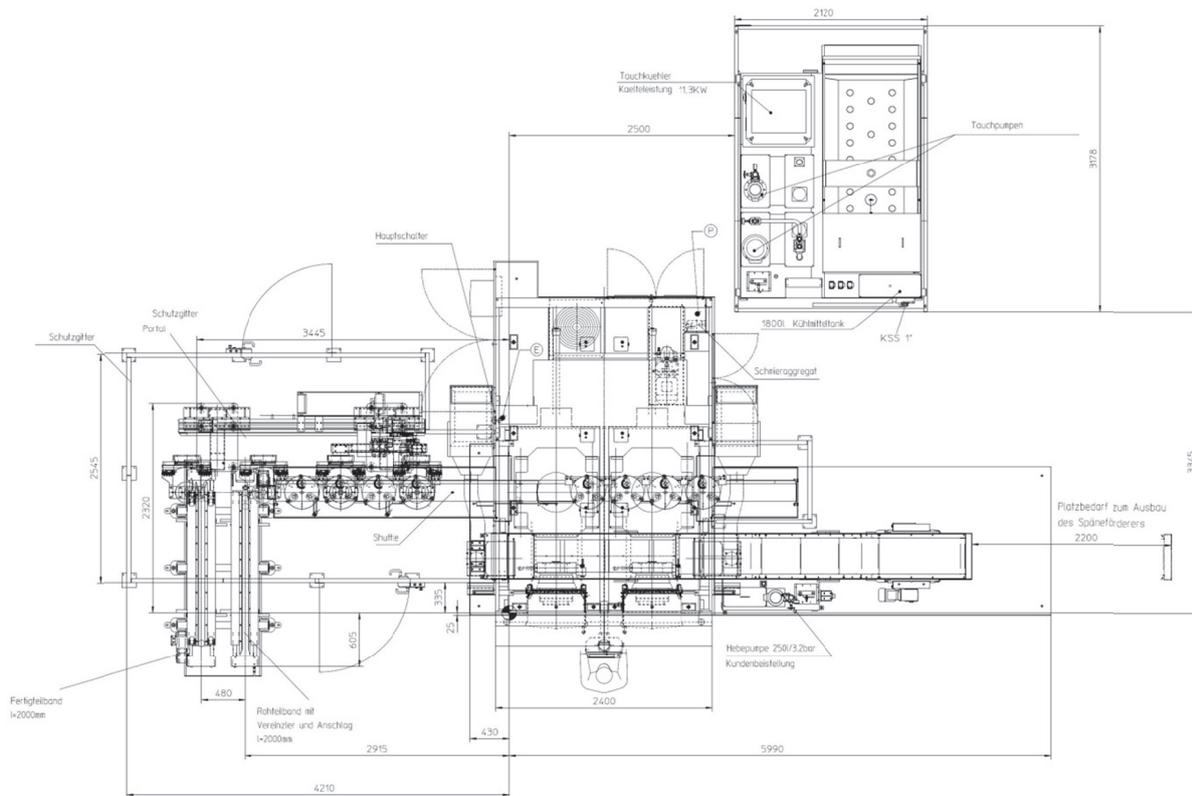


Abb.: 90 Layout VSC 400 DUO Draufsicht

8.1.2.4 Vorteile dieser Muffenbearbeitungsmaschinen

- Jede Maschine ist eine Fertigungszelle, denn über die Pick-up-Spindel belädt sich die Maschine selbst.
- extrem kurze Wege und damit ebenso kurze Zeiten für das Be- und Entladen
- Das Werkstück führt die Bewegungen aus, die Werkzeugträger sind ortsfest.
- Idealer, freier Spänefall, denn die Werkzeuge sind unterhalb des Werkstücks angeordnet.
- Die hydrostatisch gelagerte Arbeitsspindel in der Z-Achse (optional) führt bei der Weich- und Hartbearbeitung zu hoher Teilequalität und zu hohen Werkzeugstandzeiten.
- Alle die Genauigkeit bestimmenden Baugruppen sind flüssigkeitsgekühlt.
- sichere, verschleiß- und wartungsfreie Arbeitsraumabdeckung

9 Wirtschaftlichkeitsrechnung Rohlingsvorbereitung

9.1 Dynamische Investitionsrechnung

Bei der dynamischen Investitionsrechnung werden mehrere Perioden unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit betrachtet. Der aufgewendete Barwert für die Investition wird den Barwerten der Einnahmen in einer über mehrere Rechnungsperioden angelegten Planung gegenübergestellt.

9.1.1 Annuitätenmethode

Die Annuitätenmethode ist ein Verfahren der klassischen, dynamischen Investitionsrechnung. Der Kapitalwert einer Investition wird auf die Nutzungsdauer so verteilt, dass die Zahlungsfolge aus Einzahlungen und Auszahlungen in die sogenannte Annuität umgewandelt wird. Im Gegensatz zum Kapitalwert wird also nicht der Gesamtzielwert ermittelt, sondern der Zielwert pro Periode. Der Annuitätenfaktor ist zudem der Kehrwert des Rentenbarwertfaktors.

Die Annuitätenmethode erlaubt die Beurteilung von Erweiterungs- und Ersatzinvestitionen im Sinne einer Einkommensmaximierung. Die Einheit der Annuität ist Geldeinheiten pro Periode.

Bei Verwendung der Annuitätenmethode ist eine Investition positiv zu beurteilen, wenn die Annuität größer oder gleich Null ist. In diesem Fall erhält man mindestens das eingesetzte Kapital, verzinst mit dem Kalkulationszinsfuß, zurück. Wertmäßig ist es dabei äquivalent, ob man heute den Kapitalwert oder über die Nutzungsdauer verteilt die Annuität erhält.

9.1.2 Annuitätenberechnung

Bei dieser Berechnung wurde angenommen, dass die Premium Casing Rohlinge über die neue Vorbearbeitungsanlage im 3-Schicht Betrieb laufen. Bei den Gewindearten VAGT und VAsuperior können 17% - 23% der Stückfolgezeit eingespart werden. Das bedeutet, dass ungefähr 480 Maschinenstunden pro Jahr und Drehautomat eingespart werden können und dass ungefähr 240 Maschinenstunden pro Jahr und Rohrtrennaggregat eingespart werden. Weiters wurde in der Berechnung der Mehraufwand von einer Person, Strom, Druckluft, Schneidplattenverbrauch, Instandhaltung, Hilfs- und Betriebsstoffen, der zusätzliche Platzbedarf und zwei Großreparaturen berücksichtigt. Die Investitionskosten der Vorbearbeitungsmaschine belaufen sich auf ca. 1,2 Mio. Euro. Aufgrund des Datenschutzes werden keine weiteren Zahlen veröffentlicht.

Annahmen für dynamische Rechnung:

Steigerung Arbeitskosten	3,5% p.a.
Steigerung Betriebsmittelkosten, H&B	2,5% p.a.
Steigerung Energiekosten	2,5% p.a.
Steigerung Stundensatz Bestand	2% p.a.
Lebenszyklus Anlage	15 a

Das Ergebnis der dynamischen Investitionsrechnung ist, dass das eingesetzte Kapital nach knapp 6 Jahren wiedergewonnen ist. Das bedeutet, es ergibt sich eine Verzinsung von 15%.

10. Einbindung der Anlage in die Muffenfertigung

10.1 Derzeitiger Stand

Zurzeit werden in der Muffenfertigung sechs Doppelspindeldrehmaschinen (DSDM) von drei Rohrabstechanlagen versorgt. Die siebente DSDM produziert nur LKW – Buchsen.

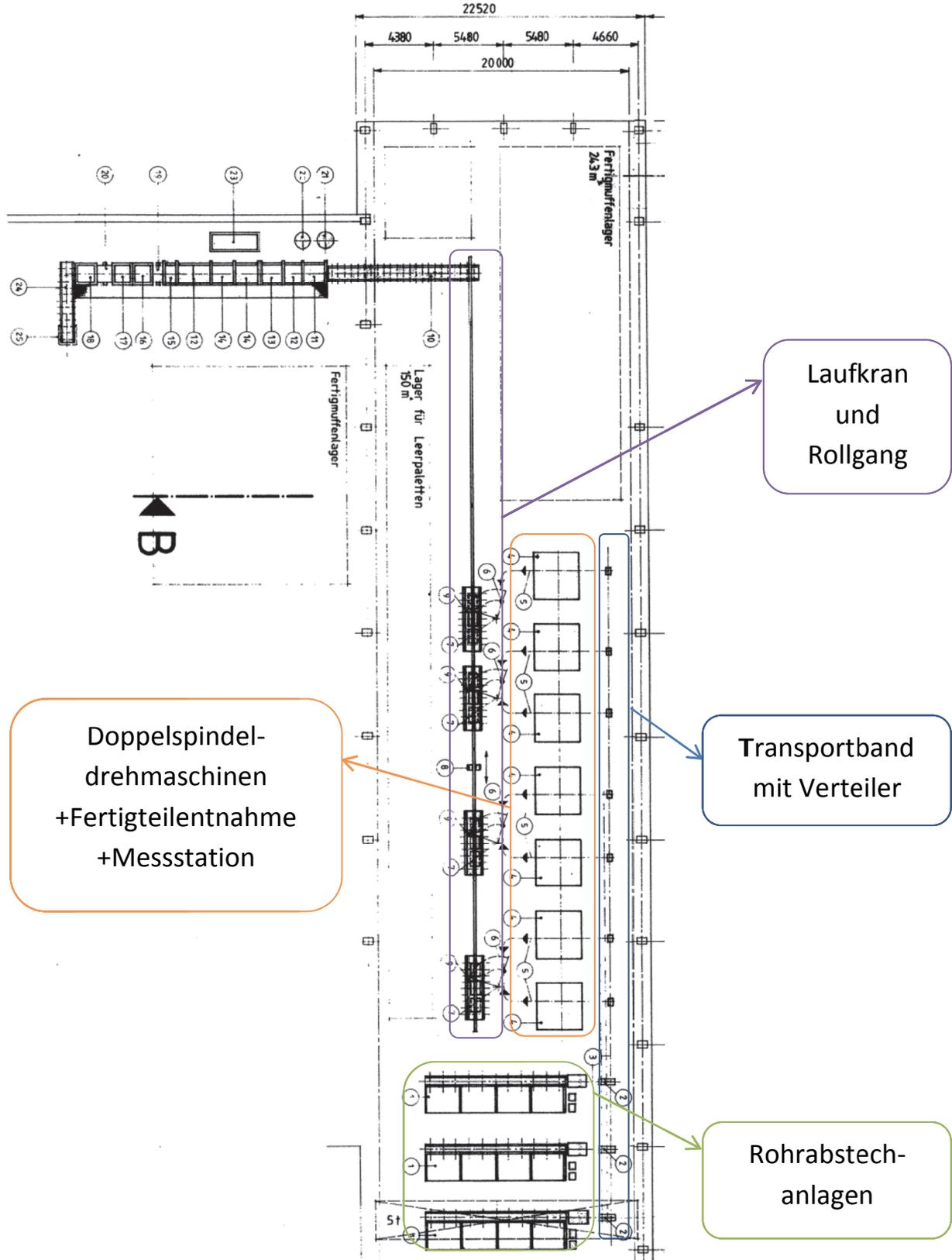


Abb.: 91 Jetziger Stand in der Muffenfertigung (Quelle: va)

10.2 Layout - Konzept

Ziel des Projektes ist es, eine der vorhandenen Rohrabstechmaschinen durch ein spezielles Trennverfahren zu ersetzen und durch eine weitere Anlage die Rohlinge vorzubearbeiten. Nach der Recherche haben sich hierbei die Plantool und die EMAG als am besten erwiesen. Bei diesen Maschinen muss ein erhöhter Platzbedarf durch die Sicherheitstechnik (Schutzzäune) beachtet werden.

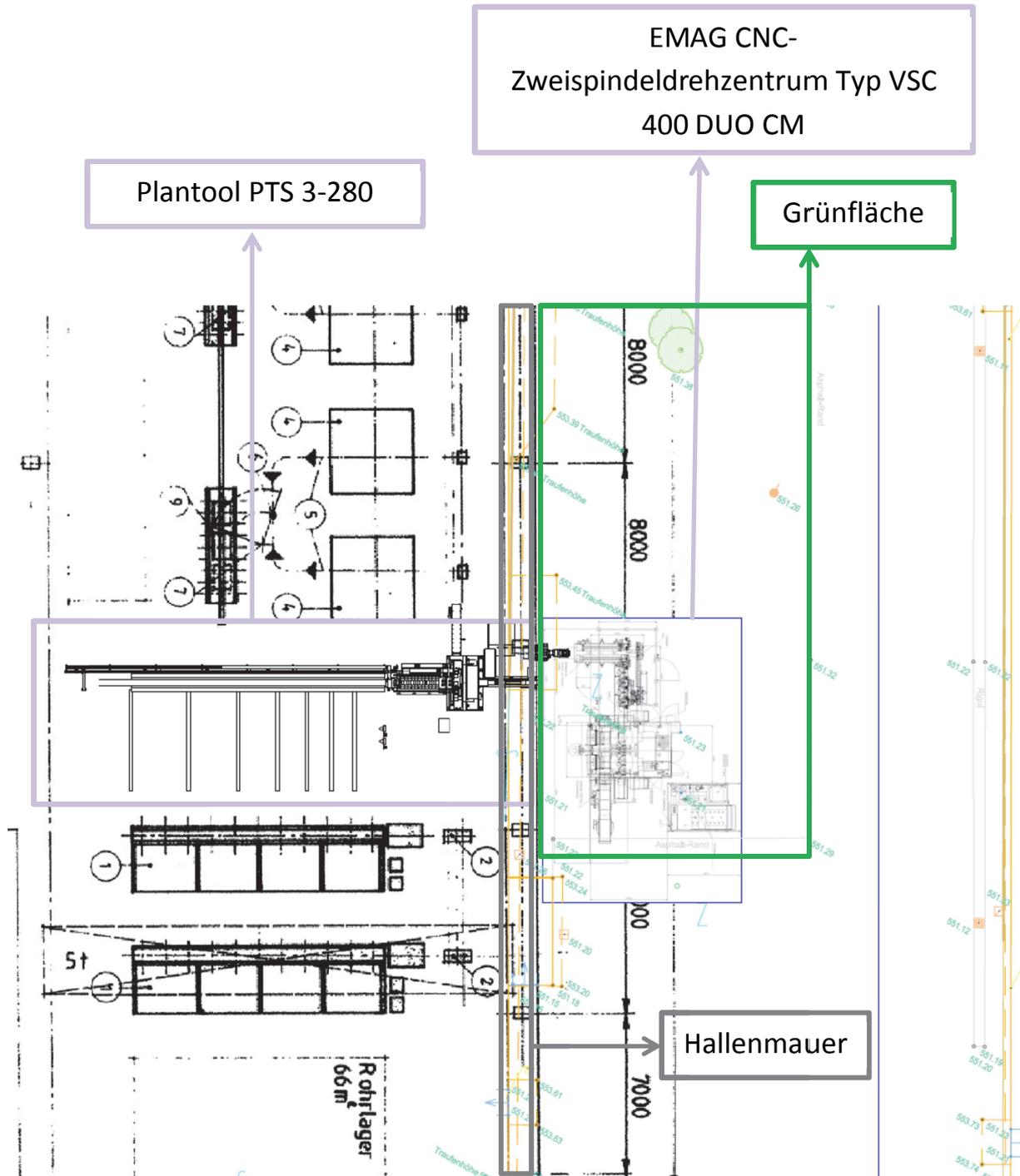


Abb.: 92 Skizze einer möglichen Einbindung in die Muffenfertigung

Die Vorbearbeitungsmaschine erfordert einen Zubau von mindestens 110 m². Diese Fläche würde sich im Außenbereich der Muffenfertigung, wo zurzeit noch eine Grünfläche herrscht, anbieten. Die Automatisierungsmöglichkeit der Rohlinge von der Trennmaschine zur Vorbearbeitungsmaschine muss durch einen Durchbruch der Ziegelwand gewährleistet sein. Bei dieser Position sind keine tragenden Mauerelemente vorhanden, und es könnte dort problemlos durchgebrochen werden. Die Kosten für den Zubau betragen ca. 160.000 Euro.

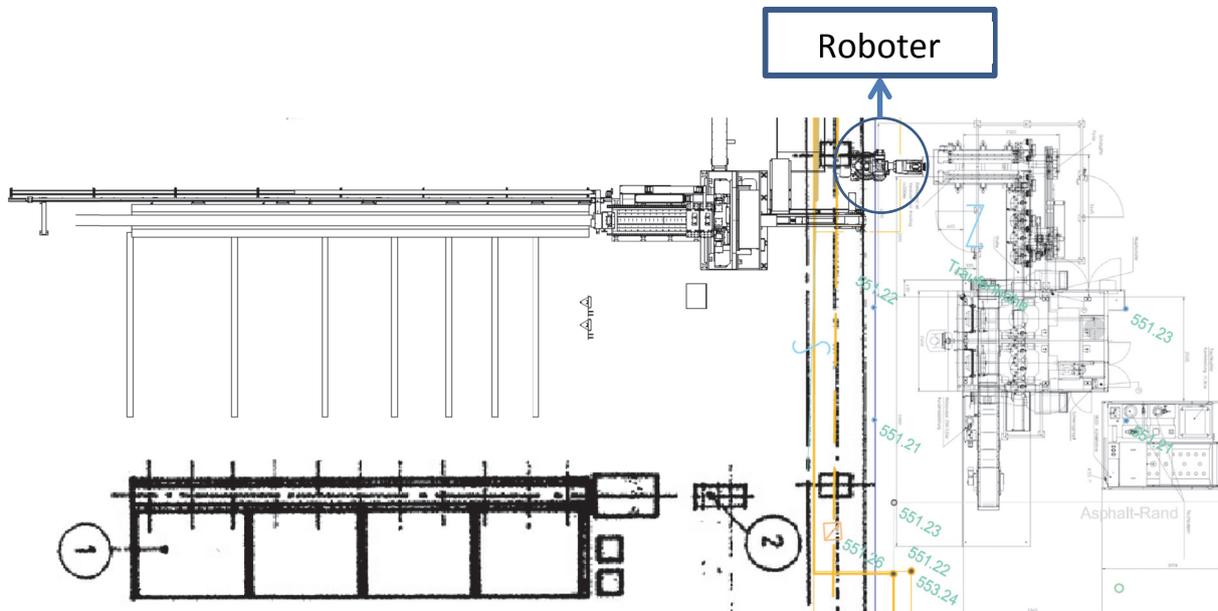


Abb.: 93 Vergrößerung der Skizze

Der Transport der Rohlinge von der Kreissäge zur Vorbearbeitung und von der Vorbearbeitung zum Transportband könnte durch einen Roboter oder weitere Förderbänder geschehen.

Abbildungsverzeichnis:

Abb.: 1 Muffenvorrohre 4 ½“ x 5,51	6
Abb.: 2 Hubschrauberaufnahme der voestalpine tubulars (Quelle: va)	7
Abb.: 3 Orientierungsplan der voestalpine (Quelle: va).....	8
Abb.: 4 Ausschnitt des Orientierungsplans der voestalpine	9
Abb.: 5 Bestehende Abstechanlage der Firma Linsinger.....	10
Abb.: 6 Doppelspindelmaschinen der Firma Heid	10
Abb.: 7 Schwenkfutter	11
Abb.: 8 Magnetic Particle Inspection	12
Abb.: 9 Skizze eines EU & NU Gewindes	14
Abb.: 10 Skizze eines LC & SC Gewindes	14
Abb.: 11 Skizze eines BC Gewindes	15
Abb.: 12 VAGT Gewindeverbindung.....	16
Abb.: 13 Schnittzeichnung einer VASuperior Verbindung.....	16
Abb.: 14 VASuperior Gewindeverbindung.....	17
Abb.: 15 Muffenproduktion 2013	18
Abb.: 16 Prinzipskizze des Trennsystems (Quelle: Amada).....	19
Abb.: 17 Spannzange mit Kreismesser (Quelle: Amada).....	19
Abb.: 18 Darstellung des Laserstrahlschneidens (Quelle: Linde Gas)	20
Abb.: 19 schematischer Aufbau der Wasserstrahlverfahren (Quelle: Prokotec).....	21
Abb.: 20 Rohrschneidanlage der Firma Perndorfer	22
Abb.: 21 Spannkopf für Rohre der Firma Perndorfer.....	23
Abb.: 22 Bandsägeblatt (Quelle: Kasto)	24
Abb.: 23 Horizontale Bandsäge mit Schwenkrahmen (Quelle: Klaeger).....	25
Abb.: 24 Horizontale Bandsäge mit 2-Säulenführung (Quelle: Klaeger).....	26
Abb.: 25 Blockbandsäge (Quelle: Forestor).....	26
Abb.: 26 Vertikalbandsäuger (Quelle: Klaeger)	27
Abb.: 27 Bügelsäge (Quelle: Kasto)	27
Abb.: 28 Begriffe des Sägebandes (Quelle: Amada).....	28
Abb.: 29 Räumzahn	28
Abb.: 30 Wellenzahn	28
Abb.: 31 Alternativzahn.....	29
Abb.: 32 Variable Zähne	29
Abb.: 33 Bimetallsägeband (Quelle: Amada)	30
Abb.: 34 Herstellung eines HM-Sägebandes (Quelle: ARNTZ)	31
Abb.: 35 Unterschiedliche Sägebänder (Quelle: Kasto)	32
Abb.: 36 Bandsägeanlage mit Abschnittsorientierung.....	33
Abb.: 37 Schnittbereiche einer Bandsägeanlage.....	33
Abb.: 38 Technische Daten Bandsägeanlagen (Quelle: Kasto).....	34
Abb.: 39 Kreissägeblätter (Quelle: Julia)	35
Abb.: 40 PVD Beschichtung von Kreissägeblätter (Quelle: ALESA)	36
Abb.: 41 Vor- und Nachschneider (Quelle: Wagner).....	38
Abb.: 42 Spanteiler - Rillen (Quelle: Wagner)	38
Abb.: 43 HMX (Quelle: Wagner).....	38
Abb.: 44 HM bestücktes Kreissägeblatt (Quelle: tube cut)	40

Abb.: 45 Scheibenfräser M382 von Paul Horn (Quelle: www.phorn.de)	41
Abb.: 46 Kreissägemaschine KASTOSpeed	42
Abb.: 47 Getriebe mit Blattführung an der KASTOSpeed	43
Abb.: 48 Technische Daten Kastospeed (Quelle: Kasto)	43
Abb.: 49 Hochleistungskreissägeanlage KSA 800 (Quelle: Linsinger).....	44
Abb.: 50 Spanneinrichtung KSA 800 (Quelle: Linsinger).....	45
Abb.: 51 Sägeblattdämpfung KSA 800 (Quelle: Linsinger)	46
Abb.: 52 Scheibenfräser LINCUT (Quelle: Linsinger)	46
Abb.: 53 Verfahren Stechen mit rotierenden Werkzeugen	48
Abb.: 54 Reika Rohrabstechmaschine	48
Abb.: 55 Abstechkopf, Abstechwerkzeuge und Schneideinsätze.....	49
Abb.: 56 Layout Rohrabstechmaschine.....	50
Abb.: 57 Abstechvorgang mit rotierendem Werkstück.....	51
Abb.: 58 Rollgang der USC 21-290 R.....	51
Abb.: 59 Zwei Flachtischrevolver zur gleichzeitigen Innen und Aussenbearbeitung	52
Abb.: 60 Greifsituation des abgestochenen Muffenrohlings	53
Abb.: 61 Kreuzschlitten und Dreibackenfutter.....	54
Abb.: 62 Layout Emag USC 21-290 R	56
Abb.: 63 RingSaw Modell CSM 105	58
Abb.: 64 Vorrohr - Abschnitte	59
Abb.: 65 Kurze, Kommaförmige Späne	60
Abb.: 66 Layout Ring Saw	61
Abb.: 67 Linsinger RTM 420.....	62
Abb.: 68 Messerkopf mit Spannrollen.....	63
Abb.: 69 Spannsituation	63
Abb.: 70 Verfahren spezieller Kreissägen.....	65
Abb.: 71 Plantool PTS 3-280	65
Abb.: 72 PTS 3-280 Spannsituation und Greifer-Zieheinheit	66
Abb.: 73 Greifarm mit den gereihten Muffenrohlinge.....	66
Abb.: 74 Spannelement und Greifer	67
Abb.: 75 Sägeeinheiten mit Spanneinheiten.....	68
Abb.: 76 Abtransport der Rohlinge	68
Abb.: 77 Layout Plantool PTS 3-280	69
Abb.: 78 Dimensionen einiger Schnittstücke	70
Abb.: 79 Linsinger Multicut MC3.....	71
Abb.: 80 Sägeeinheit der Multicut	72
Abb.: 81 Ausspindelmaschine (Quelle: bimatec.de)	82
Abb.: 82 Emag Zweispindeldrehzentrum	84
Abb.: 83 Portalkran mit Shuttle.....	85
Abb.: 84 Spindel 1 OP10.....	85
Abb.: 85 Portalkran beim Aufsetzen des Rohlings	86
Abb.: 86 Aufnahme des Rohlings durch ein Sechs-Backenfutter	86
Abb.: 87 Fertigteile am Ende des Förderbandes	87
Abb.: 88 Gesamtgröße des Zweispindeldrehzentrums	89
Abb.: 89 Layout VSC 400 DUO Vorderansicht	90
Abb.: 90 Layout VSC 400 DUO Draufsicht	91

Abb.: 91 Jetziger Stand in der Muffenfertigung (Quelle: va)	93
Abb.: 92 Skizze einer möglichen Einbindung in die Muffenfertigung	94
Abb.: 93 Vergrößerung der Skizze	95

Tabellenverzeichnis:

Tab.: 1 Abmessungen EU & NU Gewinde.....	13
Tab.: 2 Abmessungen LC & SC Gewinde.....	14
Tab.: 3 Abmessungen BC Gewinde.....	15
Tab.: 4 Schnittleistung in m²	17
Tab.: 5 Erzeugungsmengen OCTG-Muffen	18
Tab.: 6 Anforderungen an die Anlage	18
Tab.: 7 Spanloses Trennen Daten (Quelle: Amada).....	20
Tab.: 8 Laserschneiden Daten (Quelle: tube cut)	21
Tab.: 9 Wasserstrahlschneiden Daten (Quelle: Perndorfer)	23
Tab.: 10 Vergleich der Schnittgeschwindigkeiten der Sägebänder (Quelle: Arntz)	31
Tab.: 11 Vergleich Bi/HM - Sägebänder (Quelle: Kasto)	34
Tab.: 12 Schichtauswahl für Kreisägeblätter (Quelle: ALESA)	37
Tab.: 13 Schnittgeschwindigkeiten unterschiedlicher Materialien (Quelle: ALESA)	39
Tab.: 14 Daten Linsinger KSA (Quelle: Linsinger)	44
Tab.: 15 Schnittwerte Linsinger KSA (Quelle: Linsinger)	47
Tab.: 16 Daten Reika Rohrabstechmaschine (Quelle: Reika)	50
Tab.: 17 Taktzeiten Reika Rohrabstechmaschine (Quelle: Reika)	50
Tab.: 18 Daten Emag USC 21 (Quelle:EMAG).....	55
Tab.: 19 Taktzeit Emag (Quelle: EMAG)	56
Tab.: 20 Daten Ring Saw (Quelle: Reika)	61
Tab.: 21 Taktzeiten Reika Ring Saw (Quelle: Reika)	62
Tab.: 22 Daten Linsinger RTM (Quelle: Linsinger)	64
Tab.: 23 Daten Plantool (Quelle: Plantool).....	69
Tab.: 24 Schnittdaten Plantool (Quelle: Plantool).....	70
Tab.: 25 Taktzeiten Plantool (Quelle: Plantool)	70
Tab.: 26 Daten Linsinger Multicut (Quelle: Linsinger).....	73
Tab.: 27 Taktzeiten Multicut (Quelle: Linsinger)	74
Tab.: 28 Vergleich der gängigen Trennverfahren.....	75
Tab.: 29 Reika Rohrabstechmaschine 254 / CNC	76
Tab.: 30 Emag CNC Einspindel Drehzentrum USC 21-290 R.....	77
Tab.: 31 Reika Ring Saw CSM 105.....	78
Tab.: 32 Linsinger Rohrtrennmaschine RTM 420	79
Tab.: 33 Plantool PTS 3-280.....	80
Tab.: 34 Linsinger Rohrtrennmaschine Multicut MC3	81
Tab.: 35 Daten EMAG Zweispindeldrehzentrum (Quelle: EMAG).....	90