

High-Speed Impact Cutting of Massive Rods and Pipes in Adiabatic Separation Equipment

Fixed lengths, that is to say rods made of massive materials, pipes or profiles that are cut to identical lengths serve as the original material for a variety of processes. These include in particular the cold extrusion but also other methods like rotary swaging, rolling as well as pure component assemblies without additional processing. Sawing, abrasive cutting or laser separation results in the corresponding material waste while other non-machining methods cause unwanted strong retraction and other deformation

in the cutting area. On the other hand, methods like shearing, high-speed separation or High Speed Impact Cutting (HSIC), also called adiabatic separation, are characterized not only by very short cycle times (e. g. one second per component), but also by comparatively plane joint faces with only minimal retraction. Depending on the material, these methods are able to produce joint faces also free of burrs.

Hochgeschwindigkeitstrennen von Massivstäben und Rohren auf einer adiabatischen Trennanlage

Dr.-Ing. Eberhard Rauschnabel, Karlsbad

Fixlängen, das heißt auf immer gleiche Länge abgetrennte Stäbe aus Massivmaterial, Rohr oder Profilen, dienen für eine Vielzahl von Prozessen als Ausgangsmaterial. Hierzu gehört insbesondere das Kaltfließpressen, aber auch andere Verfahren wie zum Beispiel Rundkneten, Rollieren sowie auch reine Baugruppenmontagen ohne weitere Bearbeitung. Beim Trennen beispielsweise durch Sägen, Trennschleifen oder Lasern, entsteht entsprechen-

der Materialabfall, während bei anderen spanlosen Verfahren wie dem Scheren unerwünscht starke Einzüge und sonstige Deformationen im Schnittbereich auftreten. Dagegen zeichnet sich das Hochgeschwindigkeitstrennen oder High-Speed-Impact-Cutting (HSIC), auch adiabatisches Trennen genannt, nicht nur durch sehr kurze Taktzeiten – beispielsweise eine Sekunde pro Bauteil – aus, sondern auch durch vergleichsweise plane Trennflächen mit nur minimalem Einzug und je nach Werkstoff teilweise auch fast völliger Gratfreiheit.

Adiabatisches Trennen bedeutet „hochgeschwindigkeitsplastische Verformung in der Trennzone mit starker Erwärmung und Erweichen des Gefüges ohne Wärmeübergang in der Werkstoffrandzone“ [1]. Versuche haben gezeigt, dass sich dieser Effekt bei einer Trenngeschwindigkeit von beispielsweise 10 m/s sehr gut darstellen lässt. Allerdings ergeben sich auch schon bei Trenngeschwindigkeiten ab 3 m/s recht „passable“ Ergebnisse [2].

Der prinzipielle Aufbau der bislang vorgestellten adiabatischen Trennanlagen unterscheidet sich hinsichtlich der Werkzeuganordnung meist nur wenig. Wie in Bild 1 dargestellt, werden die Bauteile links und rechts der Trennzone in Matrizen geführt. Je besser die Matrizen zu den zu trennenden Bauteilen passen (idealerweise nahezu spielfreie Passung), desto besser ist die Trennqualität. In der Praxis möchte man natürlich ein unerwünschtes Verklemmen des Rohmaterials vermeiden, sodass die Matrizen in

der Regel auf die Größttoleranz des Materials beziehungsweise der Materialcharge ausgelegt werden. Dabei ist die Matrize auf der Zuführseite in der Regel fest montiert, während die zweite Matrize mit dem abzutrennenden Werkstück in Trennrichtung beweglich ist. Werden Rohre verwendet, so ist in der Regel zusätzlich

noch ein Dornpaar erforderlich, welches das Rohr beidseitig von innen abstützt, wobei sich ein Dorn wiederum stationär unter der festen Matrize befindet, während der zweite Dorn mit der beweglichen Matrize während des Trennens mitbewegt wird. Von besonderer Bedeutung ist auch der Schnittspalt zwischen den Matrizen,

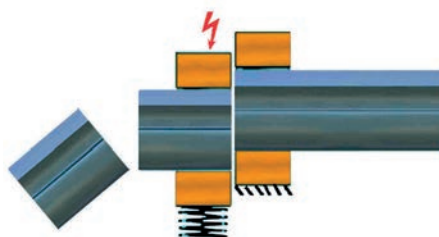


Bild 1: Hochgeschwindigkeitstrennen (Prinzipdarstellung) [3].



Bild 2: Werkzeugpaar (Matrizen) und getrennte Stäbe [5].

der werkstück- und werkstoffabhängig eingestellt werden muss. Die Art und Weise, wie die Beschleunigung der beweglichen Matrize eingeleitet wird, variiert je nach Anlagenhersteller oder Forschungseinrichtung deutlich. Von rein mechanischen Antrieben [4] über rein hydraulische oder inzwischen auch servomotorische bis hin zu kombinierten Antrieben ist alles vorstellbar und meist auch bereits realisiert worden.

Ein Matrizenpaar sowie unterschiedlich lang getrennte Stababschnitte sind in Bild 2 zu sehen. Auffällig beim adiabatischen Trennen ist, dass der eigentliche Schnitt (zu erkennen durch einen beispielsweise bei Rundmaterialien sichelförmigen, glänzenden Bereich) in der Regel nur wenige Zehntelmillimeter beträgt; der Rest ist dann ähnlich einem Sprödbbruch durchgetrennt. Die Trennanlagen müssen so eingestellt sein, dass sie bei allen innerhalb einer Materialcharge zulässigen Festigkeitsstreuungen immer eine sichere Trennung gewährleisten. Dies bedeutet, dass immer ein gewisser Energieüberschuss vorhanden ist, den die Trennanlage abfangen muss. Die meisten in letzter Zeit entwickelten Anlagen hatten das große Problem, dass sie sich nach einer gewissen Zeit selbst zerstörten, weshalb eine Vielzahl der zum adiabatischen Trennen angemeldeten Patente sich nicht mehr auf Details zum eigentlichen Trennverfahren beziehen, sondern auf Lösungen, wie die „Selbsterstörung“ bestmöglich verhindert werden kann.

Max. Bauteillänge	80 mm (größere Längen optional)
Min. Bauteillänge	0,75 x d (Rohr) beziehungsweise 1 x d (Vollmaterial, werkstoffabhängig)
Max. Querschnittsfläche	500 mm ²
Max. Rohrdurchmesser	50 mm (Rohr)
Toleranz	+ / - 0,05 mm bei Bauteillänge bis 80 mm
Weitere Merkmale:	<ul style="list-style-type: none"> • Stangenlademagazin für Rohre und Stäbe bis 6.000 mm mit automatischer Vereinzelung • Materialvorrat zum Beispiel 50 Stück Rohr Ø 50 x 2¹⁾ oder Massivstäbe Ø 25 mm¹⁾ • vollautomatischer und manueller Betrieb • automatische Beladung ohne Maschinenstillstand • einfache Bedienung und Wartung • Anschnitt- und Reststückerkennung mit automatischem Ausschleusen • Umrüstzeit komplett max. 30 Minuten (Länge, Außen- und Innendurchmesser) • technische Anlagenverfügbarkeit ≥ 95 % • Schalldruckpegel < 80 dB (A)

1) mit Rechenförderer

Tabelle 1: Technische Merkmale Impulscut II.1.

Bei der neu entwickelten Anlage Impulscut II.1 wurde deshalb insbesondere auf die Dauerfestigkeit geachtet und nicht vorrangig die eingangs erwähnte Trenngeschwindigkeit von 10 m/s angestrebt. Es

gibt bereits langjährig bewährte Vorgängermaschinen, die nach einem ähnlichen, hydromechanischen Antriebskonzept arbeiten. Diese Anlagen sind nach teilweise über 20 Jahren dank ihrer Zuverlässigkeit immer

noch in Betrieb, allerdings sind sie aufgrund ihrer Kurvensteuerung und des gesamten mechanischen Aufbaus sehr unflexibel. Das Umrüsten inklusive Justieren der Matrizen und Dorne dauert teilweise viele Stunden, sodass in der Vergangenheit angestrebt wurde, das Umrüsten durch Multiplizieren der Anlagen möglichst ganz zu vermeiden. Hier greift die Neuentwicklung ein, deren Lastenheft ausschnittsweise in Tabelle 1 zu sehen ist.

Während bei den konventionellen Anlagen die Werkstücke (meist Rohre) noch von Hand geladen werden, was einen permanenten Personaleinsatz erfordert, verfügt die Hochgeschwindigkeitstrennanlage Impulscut II.1 (Bild 3) über ein Stangenlademagazin für bis zu sechs Meter langes Rohmaterial. Aus dem Magazin werden die Stangen vereinzelt und dann automatisch der Trenneinrichtung zugeführt. Diese verfügt über eine moderne NC-Steuerung, sodass sowohl andere Werkstücklängen als auch die gewünschte Teilemenge direkt in die Steuerung eingegeben werden können. Durch eine Vielzahl von Maßnahmen dauert selbst das Komplett-Umrüsten (beispielsweise von Matrizen und Dornen einschließlich aller Spannzangen) weniger als 30 Minuten.

Bild 4 zeigt sehr unterschiedliche Bauteile, die alle auf derselben Anlage getrennt wurden. Bei Buntmetallen ist insbesondere darauf zu achten, dass diese in möglichst hartem Zustand vorliegen. Weiches Kupfer würde zu deutlicher Gratbildung neigen. Bei unrunder Profilen ist es eventuell zweckmäßig, die Trennung nicht von einer Symmetrieachse aus einzuleiten, sondern beispielsweise von einer Kante (beim Walzprofil durch den Pfeil angedeutet).

Voraussetzung für den wirtschaftlichen Einsatz des adiabatischen Trennens sind hohe Stückzahlen. Sofern es sich nicht um sehr teures Material (beispielsweise Buntmetalle oder Edelmetalle) oder spezielle Anforderungen an die Trennqualität handelt, sollten Jahresmengen von mindestens 100.000 Stück je Abmessung angestrebt werden, wie auch aus dem Verfahrensvergleich Sägen zum Hochgeschwindigkeitstrennen in Tabelle 2 hervorgeht. Neben dem sehr effizienten Trennprozess kommt dann noch eine erhebliche Materialersparnis – beispielsweise im Vergleich zum Sägen 2 bis 3 mm je Schnitt – hinzu. Daraus wird ersichtlich, dass kurze Bauteile ihre wirtschaftlichen Vorteile deutlich einfacher auspielen können als lange Bauteile. Beträgt die Fixlänge beispielsweise 500 mm, so sind nur 12 Bauteile je Stange möglich mit 11 Schnitten je 2,5 mm Einsparung = 27,5 mm Materialersparnis. Hinzu kommt bei langen Bauteilen der teilweise sehr große Verschnitt (Reststück). Dieselbe Stange ergibt bei einer Bauteillänge von beispielsweise 20 mm („Ringe“) mit dem Hochgeschwindigkeitstrennen 300 Bauteile



Bild 3: Hochgeschwindigkeits-Trennanlage Impulscut II.

Kriterium Beispiel: Rohr Ø 35x3, 30 mm lang, aus Vormaterial mit 6.000 mm Länge	High Speed Säge	Impulscut II.1
Investition	<	>
anteilige Personalkosten	=	=
Werkzeugkosten p. a. inklusive Nacharbeit	>>	<<
Häufigkeit des Werkzeug- wechsels/Nacharbeit	>>	<<
Hilfs- und Betriebsstoffe	>	< (trocken)
Energiekosten	>	<
Verfügbarkeit	> 95 %	> 95 %
Instandhaltungskosten	=	=
Raumkosten, Platzbedarf	=	=
Ausbringung (3-schichtig)	<< (ca. 4 Mio. p. a.)	>> (ca. 14 Mio. p. a.)
Gesamtkosten je Schnitt ohne Material	ca. 300 %	ca. 100 %
Verschnitt (im obigen Beispiel bei 2,5 mm Sägeblatt)	9,5 %	1 %

=	gleich	<<	viel geringer
<	etwas geringer	>>	viel größer
>	etwas größer		

Tabelle 2: Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen spanabhebendem und spanlosem Trennen.

Bilder: Autor

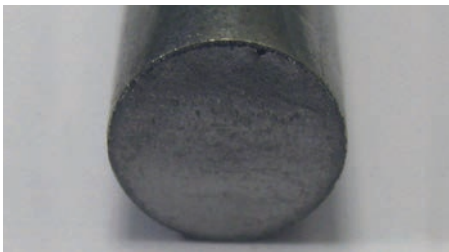


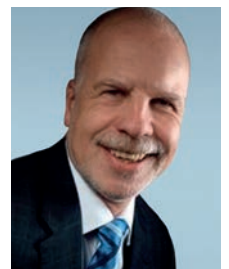
Bild 4: Trennergebnis bei Massivstäben (C45), Kupferrohr (hart) und Stahlrohr (34MnB5) sowie Walzprofil (ZStE340) [6].

mit 299 Schnitten und daraus resultierend eine Materialeinsparung gegenüber dem Sägen von immerhin 747 mm beziehungsweise über 10 Prozent des Bauteilgewichts. Aus diesem Grund wurde die Anlage Impulscut II.1 zunächst auch nur für kurze Bauteile bis 80 mm Länge ausgelegt. Sie kann jedoch problemlos auf Bauteillängen bis zirka 200 mm angepasst werden, während größere Bauteillängen eine Umkonstruktion erfordern würden.

Zusammenfassung

Das adiabatische Trennen von Massivstäben, Rohren und Profilen ist insbesondere für mittlere und große Stückzahlen bei vorzugsweise kürzeren Bauteillängen wirtschaftlich. Es zeichnet sich durch fast plane, quasi gratfreie Trennflächen aus bei gleichzeitiger Trockenbearbeitung und Vermeidung von Spänen oder Verschnitt. Es ist für fast alle Metalle geeignet, wobei ein höherer Festigkeitszustand sich eher positiv auf die Trennqualität auswirkt. Die vollautomatische

adiabatische Trennanlage Impulscut II.1 ist für Massivmaterial mit einem Durchmesser bis 25 und für Rohre bis 50 mm ausgelegt; in absehbarer Zeit wird auch eine Trennanlage bis Massivdurchmesser 45 mm verfügbar sein. ■



Dr.-Ing.
Eberhard Rauschnabel

Literatur

- [1] Carstens, J.: Adiabatisches Trennen als Bearbeitungsverfahren für die Turbinenschauelfertigung. The IP.com Journal, Feb. 2005.
- [2] Kuhfuß, B. et. al.: Adiabatisches Trennen von Stangenmaterial, BIME-Jahrbuch 2012. Bremer Institut für Strukturmechanik und Produktionsanlagen,

Universität Bremen 2013.

- [3] Rauschnabel, E.: Spezialitäten für die Rohrbearbeitung. Blech, Rohre, Profile, Dezember 2010.
- [4] Böning, M.: Getriebemittel für eine Schneideinrichtung. Europäische Patentschrift EP 1497 066 B1, Anmeldetag 26.03.2003.

- [5] Groche, P., Rauschnabel, E.: Einladung zur Tagung „27. Jahrestreffen der Kaltmassivumformer“. Düsseldorf, 15.-16. Februar 2012.
- [6] Taplick, C., Schmitt, W., Rullmann, F., Ludwig, C., Groche, P.: High strength hydro-formed steel profiles with free flanges. Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PTU), Darmstadt 2012.