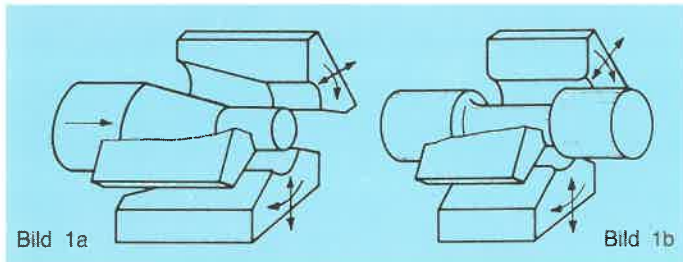


Rundkneten – Rundhämmern

Begriffsbestimmung

Nach DIN 8583 ist Rundkneten ein Freiformen zur Querschnittsverminderung an Stäben und Rohren mit zwei oder mehreren Werkzeugen, die den zu vermindern Querschnitt ganz oder teilweise umschließen, gleichzeitig radial wirken und relativ zum Werkstück umlaufen (Bild 1).



Arbeitsverfahren

Beim Rundkneten üben gegeneinanderwirkende Hämmerwerkzeug-Segmente in schneller Folge auf das umschlossene Werkstück radiale Druckkräfte aus, indem sie zur Werkstückachse hin wegbegrenzte Hübe ausführen.

Es wird zwischen dem Vorschubverfahren zur Erzeugung langer reduzierter Querschnitte bei vergleichsweise flachen Übergangswinkeln (Bild 1a) und dem Einstech-Verfahren zur örtlichen Querschnittsverminderung bzw. zur Erzeugung steiler Übergangswinkel (Bild 1b) unterschieden.

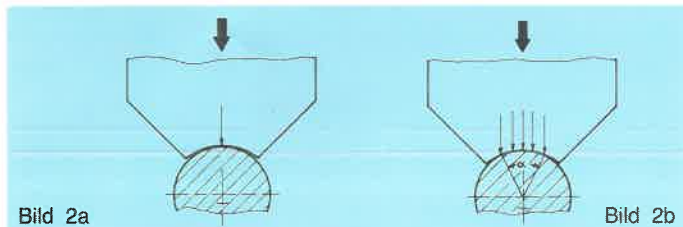
Die Verringerung des Außendurchmessers führt bei massiven Stäben zu einer Verlängerung des Werkstückes auf der reduzierten Seite.

Rohre unterliegen einem komplizierten Werkstofffluß. Längenzunahme, Innendurchmesserabnahme und Wanddickenzunahme verändern sich wechselseitig in Abhängigkeit von den Werkstoffeigenschaften und der Werkzeuggeometrie.

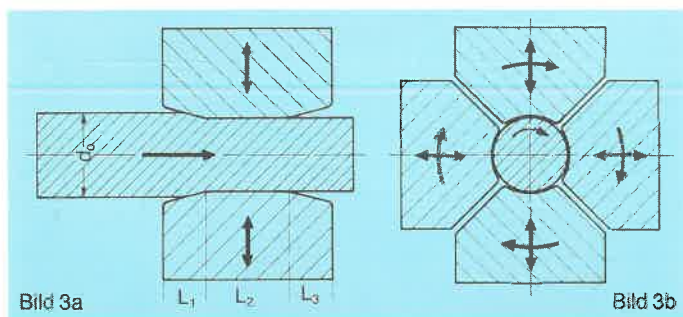
In jedem Falle bleibt das Gesamtvolumen konstant, da ausschließlich inkompressible Werkstoffe bearbeitet werden.

Umformvorgang

Die Druckenergie der Hämmerwerkzeuge wird in hohe spezifische Umformkräfte umgesetzt, indem der Werkzeugradius gegenüber dem Werkstückradius vergrößert wird, so daß bei Beginn eines jeden Umformhubes eine Linienberührung zwischen beiden Teilen herrscht (Bild 2a), die sich mit dem fortschreitenden Umformvorgang zu einer Flächenberührung erweitert (Bild 2b).



Die Werkzeuge schließen und öffnen radial bei überlagerter Rotation um das Werkstück (Bild 3b).



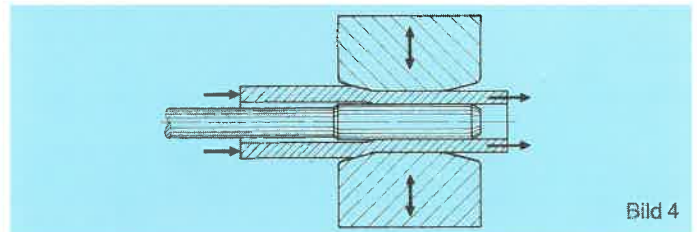
Wird das Werkstück mit dem Außendurchmesser d_0 in den Bereich des Einlaufkegels L_1 der rotierenden Werkzeuge eingeführt, dann wird je Schließhub der Werkzeuge eine sich vergrößernde Faser angeformt, wenn das Teil gleichzeitig axial weiter vorgeschoben wird (Bild 3a).

Ist die engste Stelle des Einlaufkegels erreicht, dann fließt bei weiterem Axialvorschub der Werkstoff in den Bereich des Kalibrierzylinders L_2 der Hämmerwerkzeuge. Die Auslaufschräge L_3 dient vorwiegend zur Längenbegrenzung des Kalibrierzylinders L_2 .

Während Werkzeuge und Werkstück Berührungskontakt haben, wird dem Werkstück durch Reibschluß eine Drehbewegung zum Längsvorschub überlagert (Bild 3b).

Wegen der schnellen Schlagfolge und der Massenträgheit des Werkstückes ist dessen Drehbewegung kontinuierlich. Bedingt durch Schluffeffekte in den Spannelementen der Vorschubeinrichtung dreht sich das Teil jedoch wesentlich langsamer als die Hämmerwerkzeuge. Die Differenz beider Drehzahlen bewirkt, daß jeder Umformhub örtlich unterschiedlich angreift und dadurch einwandfrei runde Teile erzeugt werden können.

Rohre, an denen eine Innenform über Dorn erzeugt werden soll, müssen eine größere Querschnittsfläche haben, als der Fläche zwischen den geschlossenen Hämmerwerkzeugen und dem Dorn Durchmesser entspricht. Dies ist erforderlich, damit am Ende des Einlaufkegels der Werkzeuge der Werkstoff radial gegen die Dornoberfläche gepreßt wird und der Dorn sich form- und maßgenau in der Werkstückbohrung abbildet. Das Material fließt dabei axial in Vorschubrichtung (Bild 4).

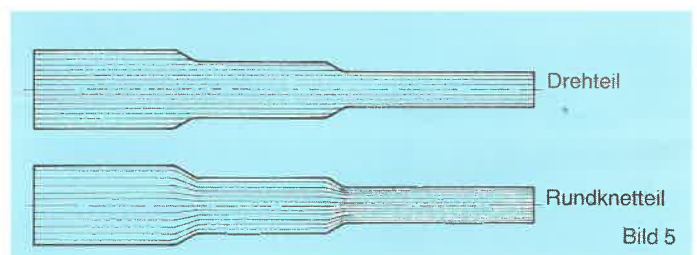


Eigenschaften rundgekneteter Werkstücke

Je nach Querschnittsabnahme und Verfestigungsverhalten des Werkstoffes werden beachtliche Steigerungen der Zugfestigkeit erreicht.

Dieser Vorteil der Massivumformung erlaubt, weniger feste Ausgangsmaterialien einzusetzen, einen zusätzlichen Kostenvorteil zu nutzen und gleichzeitig die Belastbarkeit des Werkstückes zu erhöhen.

Beim Rundkneten bleibt im Gegensatz zur spanenden Bearbeitung ein ungestörter Faserverlauf erhalten (Bild 5).



Zusätzlich steigern die Druckeigenspannungen in der Oberfläche die Biegeechselfestigkeit des Werkstückes. Erfahrungsgemäß werden beim Rundkneten pro Arbeitsgang größere Querschnittsabnahmen als beim Einstoßen oder Ziehen erreicht. Ferner können rundgeknetete Querschnitte meistens ohne Wärmebehandlung weiter umgeformt werden.

Bei steigender Querschnittsabnahme ist eine deutliche Verbesserung der Oberfläche festzustellen. Im Gegensatz zu spanend hergestellten Oberflächen weist die rundgeknetete Oberfläche bei glatten Werkzeugen eine wesentlich geringere Rauhtiefe sowie einen höheren Traganteil auf.

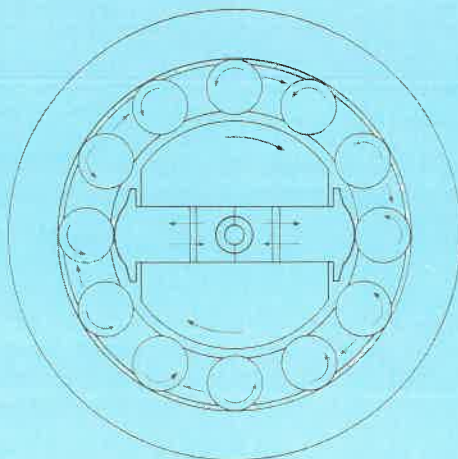


Bild 6

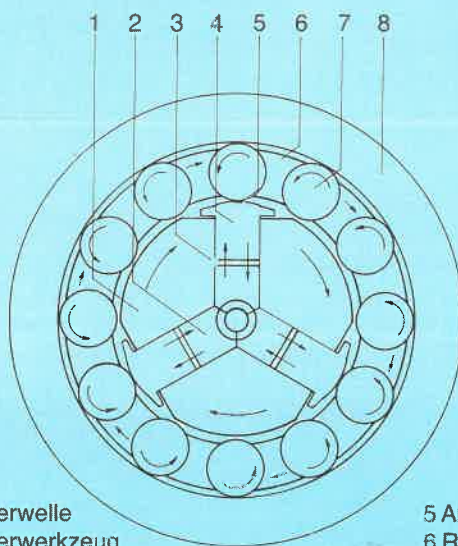


Bild 7

1 Hämmerwelle
2 Hämmerwerkzeug
3 Ausgleichplatte
4 Hämmerstößel

5 Abrollbahn
6 Rollenkäfig
7 Druckrolle
8 Haltering

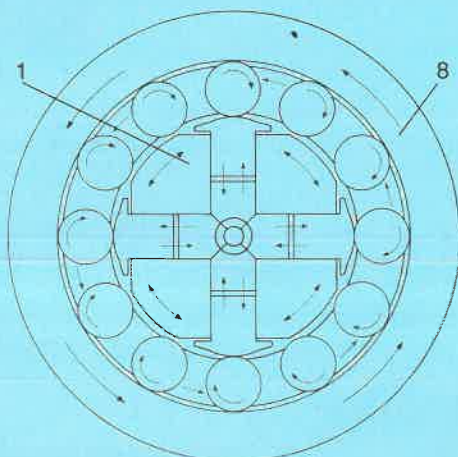


Bild 8

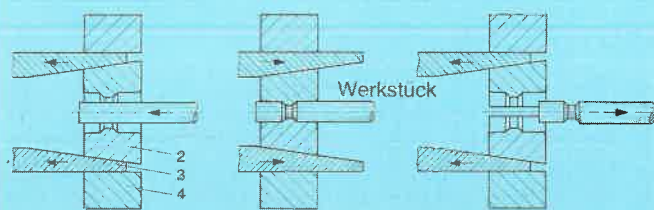


Bild 9

Funktionsprinzip

Im Kopf der Hämmerwelle (1) befinden sich schlitzförmige Aussparungen, welche zur Aufnahme der eigentlichen Hämmerwerkzeuge (2) sowie der Hämmerstößel (4) vorgesehen sind. Dazwischenliegende Ausgleichsplatten (3) dienen lediglich zur Abstimmung der Werkzeugehöhe.

Der für die Umformung des Werkstückes erforderliche Hämmerhub entsteht durch eine Überhöhung an der Abrollbahn (5) der Hämmerstößel (4).

Der Rollenkäfig (6) ist zwischen der Hämmerwelle (1) und dem äußeren Haltering (8) frei drehbar angeordnet. Die Druckrollen (7) sind in fein bearbeiteten Aufnahmebohrungen des Rollenkäfigs gelagert.

Alle Verschleißteile sind aus legierten Spezialstählen hergestellt, gehärtet und allseitig geschliffen.

Bei rotierender Hämmerwelle (1) werden nun die Hämmerwerkzeuge (2) sowie die Stößel (4) durch Fliehkraft radial nach außen geführt. Im Falle einer stehenden bzw. langsam drehenden Hämmerwelle kann diese Öffnungsbewegung auch von Federn übernommen bzw. unterstützt werden. Der jeweilige Öffnungshub ist begrenzt durch die Überhöhung in der Abrollbahn (5) der Hämmerstößel (4) bzw. durch seitlich angeordnete Hubbegrenzungsleisten (im Bild nicht dargestellt).

Bei rotierender Welle (1) wälzen sich die Rücken (5) der Hämmerstößel (4) an den Druckrollen (7) ab und übermitteln somit dem Rollenkäfig (6) eine Relativbewegung in gleichem Drehsinn, jedoch entsprechend langsamer als die Hämmerwelle selbst. Bei jedem Durchgang der Hämmerstößel (4) unter den Druckrollen (7) erfolgt ein Druckimpuls radial nach innen, der sich als Umformkraft auf die Hämmerwerkzeuge (2) und somit auf das Werkstück überträgt.

Bei nebenstehenden Prinzipskizzen zeigen Bild 6 und Bild 7 jeweils eine konventionelle Rundhämmermaschine.

Bild 8 zeigt eine sog. Außenläufermaschine. Hier rotiert vorzugsweise der in einem Schwungrad befestigte Haltering (8), wobei die Hämmerwelle (1) entweder stillsteht oder mit langsamerer Drehzahl gleich- bzw. gegensinnig angetrieben wird. Alle übrigen Bauelemente verhalten sich wie oben beschrieben.

Alle Hämmerwerk-Varianten sind ab Baugröße 16 je nach Arbeitsaufgabe wahlweise mit zwei-, drei-, vier- bzw. sechsteiligen Hämmerwerkzeugen lieferbar.

Bild 9 zeigt das Funktionsprinzip des sog. „Einstech-Hämmervorgangs“. Diese Einrichtung kann prinzipiell bei allen Maschinenmodellen vorgesehen werden, indem man zwischen den Hämmerwerkzeugen (2) und den Hämmerstößeln (4) anstelle der Ausgleichsplatten axial verschiebbare Schließkeile (3) anordnet.

Nebenstehende Abbildung zeigt in Stellung „a“ das Hämmerwerk mit geöffneten Werkzeugen bei zurückgezogenen Schließkeilen. In dieser Werkzeugstellung kann das Werkstück in Arbeitsposition gebracht werden.

In Stellung „b“ werden die Werkzeuge durch Vorfahren der Schließkeile radial geschlossen und das Werkstück somit in der gewünschten Weise umgeformt.

In Stellung „c“ sind die Schließkeile wiederum zurückgezogen, die Werkzeuge geöffnet, und das Werkstück kann aus der Maschine entnommen werden.

Dieses spezielle Verfahren wird angewandt, wenn ein Werkstück örtlich eingeschnürt werden soll. Ferner können mit dem „Einstech“-Hämmervorgang steilere Übergänge ausgeführt werden als mit dem traditionellen „Vorschub“-Verfahren.

Einsatzmöglichkeiten

Mit dem Rundhämmerverfahren können Stäbe, Rohre und Drähte sowie viele andere Werkstücke spanlos im Durchmesser reduziert, profiliert, angespitzt und gerichtet werden. Die Werkstücke werden dabei entweder nur auf einen Teil ihrer Länge oder aber durchlaufend auf größere Längen bearbeitet. Zwei ineinandergesteckte Teile können fest miteinander verbunden werden. Drähte können profiliert sowie Rohre mit Außen- und/oder Innenprofil versehen werden.

Vorwiegend werden Werkstücke mit rundem Querschnitt rotations-symmetrisch umgeformt. Darüber hinaus können jedoch auch Teile mit unrundem Querschnitt rundgehämmt werden. Ebenso lassen sich Querschnitte wie Vierkant, Sechskant etc. an runden Werkstücken anformen.

Rohre und Werkstücke mit Bohrung werden oft über einen Innendorn gehämmt und hierbei kalibriert bzw. mit einem Innenprofil (Kerbverzahnung, Vierkant, Sechskant usw.) versehen.

Das Verfahren bietet alle Vorzüge der Massivumformung wie kurze Bearbeitungszeit, hohe Festigkeit bei günstigem Faserverlauf, glatte Oberflächen, enge Toleranzen sowie in vielen Fällen eine beachtliche Materialersparnis.

Die erzielbaren Toleranzen sind durchaus mit der spanenden Bearbeitung auf präzisen Werkzeugmaschinen vergleichbar. Sie sind abhängig vom Umformgrad sowie von der Qualität der Hämmerwerkzeuge und liegen je nach Werkstückdurchmesser im Bereich von $\pm 0,02$ mm bis $\pm 0,2$ mm.

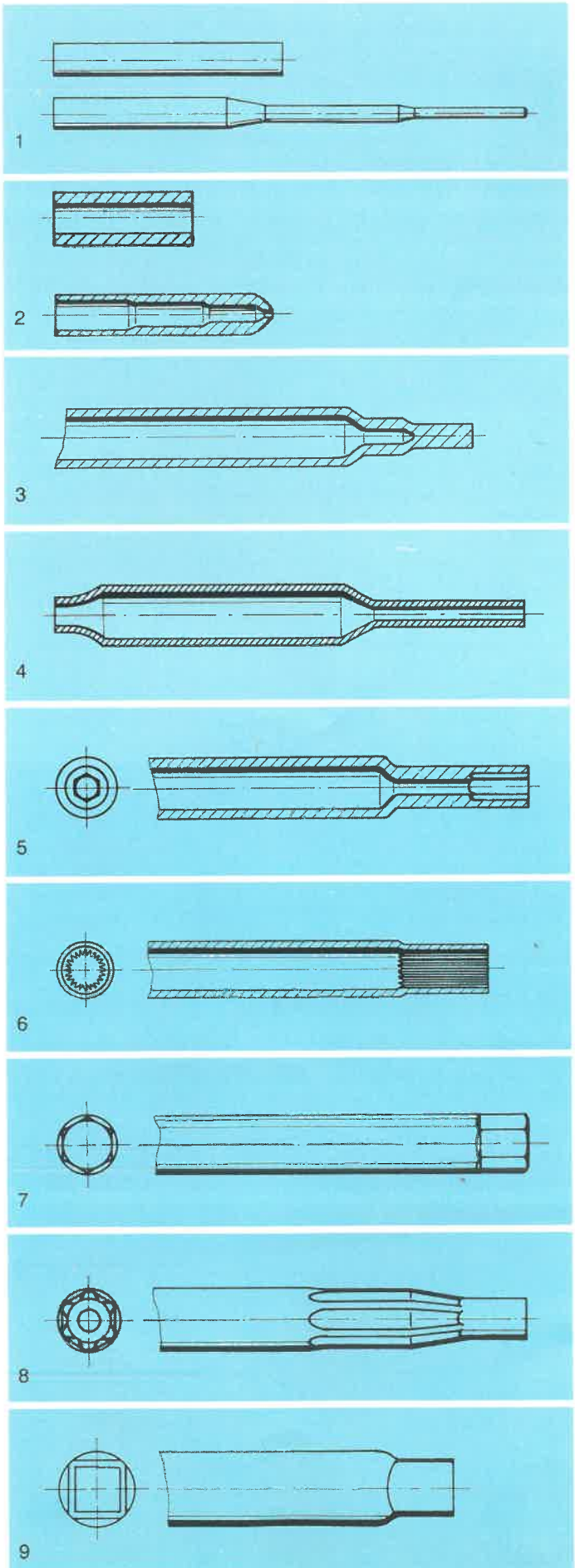
Nahezu jeder metallische Werkstoff kann mit dem Rundhämmerverfahren bearbeitet werden, sofern er eine ausreichende Dehnung aufweist. Oft ist jedoch auch die Bearbeitung von spröderen Werkstoffen noch möglich. Halbzeuge aus Wolfram sowie Nickellegierungen werden vorzugsweise auf Rundhämmermaschinen bearbeitet, wobei in Ausnahmefällen das Material auch in erwärmtem Zustand der Maschine zugeführt werden kann, falls dies erforderlich ist.

Auf Grund der beschriebenen Vorteile bietet das Verfahren zahlreiche Einsatzmöglichkeiten in den verschiedensten Industriezweigen.

Das FELSS-Lieferprogramm umfaßt außer den eigentlichen Umformmaschinen auch pneumatische, hydraulische und mechanische Werkstück-Zuführungen zum Bau kompletter Bearbeitungsautomaten in ein- und mehrstufiger Ausführung. Besondere Bedeutung kommt bei FELSS-Transferanlagen der Kombinationsmöglichkeit von spanlosen und spanabhebenden Arbeitsgängen zu.

Ein flexibles und vielseitiges Bausystem ermöglicht die Zufuhr der Rohteile entweder aus Werkstückmagazinen oder aus anderweitigen Ordnungseinrichtungen wie Vibratoren, Steilförderern usw. Auf Wunsch kann auch direkt vom Coil gearbeitet werden, wobei das Material vor der Übergabe an die eigentlichen Bearbeitungsstationen zunächst geradegerichtet und abgelängt wird (siehe Maschinen Seite 12 + 13).

Bei kombinierten Maschinen wie auf den Seiten 10-15 dargestellt erfolgen alle Einzeloperationen gleichzeitig, so daß bei jedem Maschinentakt ein fertig bearbeitetes Werkstück fällt. Besonders vorteilhaft ist die Möglichkeit der Kombination von verschiedenen Spanlosoperationen wie Rundkneten, Bördeln, Sicken, Aufweiten, Einziehen und Gewinderollen mit spanabhebenden Arbeitsgängen wie Bohren, Drehen, Fräsen, Gewindeschneiden usw. Auch Fügeoperationen lassen sich in die Bearbeitungsfolge integrieren.



Beispiele

Die nebenstehenden Bearbeitungsbeispiele sollen einen Überblick über die verschiedenartigen Umformmöglichkeiten vermitteln. Die Teile 1, 2, 11, 16, 17 und 18 sind jeweils zusammen mit den Ausgangswerkstücken dargestellt.

Beispiel 1-4:

Diese Werkstücke werden vorzugsweise auf konventionellen Rundknetmaschinen hergestellt, wobei die aus Rohr gefertigten Teile entweder mit oder ohne Hämmerdorn umgeformt sind.

Beispiel 5 und 6:

Herstellung ebenfalls mit konventionellen Rundknetmaschinen. Gleichzeitig mit dem Reduzieren des Außendurchmessers werden hier beim Hämmern über Dorn ein Innensechskant bzw. eine Innenkerbverzahnung nach DIN 5481 eingeformt.

Beispiel 7-10:

Teile entsprechend diesen Beispielen werden zweckmäßigerweise auf Maschinen mit stehender Hammerwelle gefertigt. Bei den Teilen 7 und 8 kommen Maschinen mit 6-Segment-Werkzeugen zum Einsatz.

Beispiel 11-14:

Die Teile werden auf besonders ausgebildeten Maschinen im sog. „Einstech-Verfahren“ hergestellt. Bei dieser Maschinenart verfügen die Hammerwerkzeuge über einen zusätzlichen Öffnungshub, der das Einführen und Entnehmen des Werkstückes ermöglicht. Das Funktionsprinzip ist auf Seite 3 unten (Bild 9) dargestellt. Die eigentliche Umformung erfolgt während des Schließhubes bei axial stillstehendem Werkstück. Zur Erzielung längerer Einstiche kann das Werkstück in axialer Richtung bewegt werden, während die Hammerwerkzeuge geschlossen sind.

Beispiel 15:

Eine weitere Einsatzmöglichkeit für das Rundhämmerverfahren besteht bei der Ausführung von Fügearbeiten wie hier gezeigt. Ein Bolzen mit Verzahnung wird in ein Rohrstück eingeschoben. Durch Überhämmern ergibt sich eine formschlüssige und dichte Verbindung.

Beispiel 16:

Hier wird gezeigt, wie in zwei Arbeitsgängen ein Rohr mit durchgehend zylindrischem Außendurchmesser und beidseitig verdickter Wandstärke hergestellt werden kann. Die verdickten Werkstücken können anschließend durch weitere Rundknet- oder Einziehoperationen stufenweise reduziert und anschließend spanend bearbeitet werden.

Beispiel 17:

Die Teile sind auf einer FELSS-Schnellhämmermaschine Modell HS 30 gefertigt. Die Maschine ist auf Seite 9 abgebildet und wird in einem Sonderprospekt ausführlich beschrieben. Auf dieser Maschinenart können bei Teilen mit kurzer Umformlänge Leistungen bis zu 60 Werkstücken pro Minute erzielt werden.

Beispiel 18:

Ein typisches Beispiel für eine mehrstufig im Baukastensystem aufgebaute und mit spanabhebenden Stationen kombinierte Bearbeitungsmaschine stellt dieses Teil dar. Ausgehend von einem zylindrischen Stangenabschnitt bzw. direkt vom Coil werden hier in neun Maschinenstufen alle Umformoperationen sowie eine beidseitige Endenbearbeitung (Plandrehen, Fasen und Zentrieren) ausgeführt.

