

Optimierung der Flachdraht-herstellung mittels Finite-Element-Analyse – Teil 2: Anwendungsbeispiele

Vetter, N. R. (1); Seeger, C. (2); Hertweck, B. (1, 2)

In Teil 1 dieser Arbeit [1] wurde auf das Vorgehen zur Erstellung eines validen Simulationsmodells eingegangen. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Beschreibung eines verketteten Prozesses sowie auf des Fließverhaltens verschiedener Kupferwerkstoffe. Diese Randbedingungen bestimmen auch diesen Artikel, jedoch stehen hier die Anwendungen des Modells zu konkreten Simulationsaufgaben im Vordergrund. Es wird beispielsweise auf eine praxisnahe Fließkurvenermittlung, auf das Vorgehen bei der Reduktion der Stichfolge oder auf das Walzen von hybriden Werkstoffen eingegangen. Die so erhaltenen Ergebnisse fließen direkt in die Arbeitsplanerstellung der Produktionsplanung ein. Darüber hinaus werden diese Ergebnisse bei Anlagenauslegung und -beschaffung verwendet, um die optimale Anzahl von Walzgerüsten abzubilden. Konkret können so Investitionsmittel für zusätzliche Zieh- und Walzstufen eingespart werden.

Anwendung von verschiedenen Fließkurvenansätzen nach unterschiedlichen Messmethoden und Quellen

Das Vorgehen bei der Auswahl sowie der Bestimmung der Fließkurve wurde detailliert beschrieben [1]. Dabei kann eine Fließkurvenermittlung im Labor nur eine Näherung an die Gegebenheiten des realen Umformprozesses sein. Spannungszustand, Reibverhältnisse oder Umformgeschwindigkeiten können nur approximiert werden. Werkstoffspezifisch resultiert also aus verschiedenen Charakterisierungsversuchen eine Divergenz in den erhaltenen Fließkurven.

Für den Praktiker ist dies von Bedeutung sobald das Ergebnis der Simulation stark von dieser Divergenz der Fließkurven

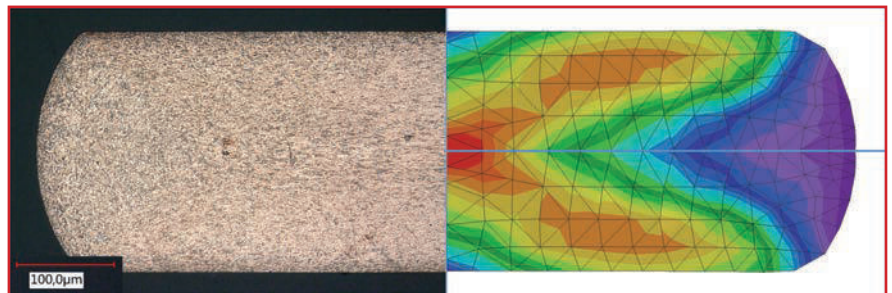


Bild 1: links: Schnittansicht im Walzstich WS1*: Ätzung nach Heyn (10 %); rechts: Umformgrad nach simufact.forming [3] [6]

abhängt. Um diesen Einfluss für das hier entwickelte Modell zu zeigen, werden die folgenden Fließkurven als Eingabegröße für die Rechnung verwendet:

■ Experimentell ermittelt:
 $k_{exp} = (14 + 563 * \varphi^{0,49}) \text{ MPa}$ (1)

■ Datenbank Simufact:
 $k_{sim} = (372 * \varphi^{0,28}) \text{ MPa}$ (2)

■ Literatur:
 $k_{lit} = (124 + 439 * \varphi^{0,82}) \text{ MPa}$ (3)
 Die experimentell ermittelte Kurve und der in Simufact Forming V15 hinterlegte Ansatz wurden in Zugversuchen am umzuformenden Material aufgenommen [1]. Der Literaturwert richtet sich nach den Daten von Hinkfoth (Stauchversuch) [2]. Die Kurven nach Hinkfoth und experimenteller Ermittlung liegen nach Kurvenform und Beträgen nah beieinander.

Anwendung von verschiedenen Fließkurvenansätzen für Reinkupfer entlang der Walzstraße

In Teil 1 wurde beschrieben, dass bei diesem Walzmodell die Reibung der zentrale Einflussparameter aus der Prozessbeschreibung ist [1]. Der dort gefundene, optimale Reibparameter dient hier als Grundlage der Rechnung. Die übrigen Prozessparameter wurden ebenfalls übernommen. Tabelle 1 zeigt als Resultat der Simulationsrechnungen die Dicken- und Breitenabweichungen je Walzstufe der Simulation zum Sollwert. Zur Korrelation wurde der akkumulierte Umformgrad ϕ_n

= $\ln(d_n/d_{rund})$ an der n-ten Walzstufe mit aufgenommen.

Aufgrund der Werkzeuganordnung existiert hinsichtlich der Drahtdicke kein Freiheitsgrad, folglich sind diese Werte nur mit geringen Fehlern behaftet. Die Breitung ist dabei, wie in Teil 1 beschrieben, deutlich schwieriger mathematisch zu beschreiben, woraus die Abweichungen im einstelligen Prozentbereich resultieren.

Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Breitung im Ergebnis für unterschiedliche Fließkurven. Unter der Voraussetzung, dass Simulationsparameter zum System passen, konnte gezeigt werden, dass die Berechnungsroutine als verketteter Prozess robust ist gegenüber geringen Schwankungen in der Fließkurve. Tendenziell führt die

Walzstufe	Dickenumformgrad ϕ_d (akkumuliert ohne Ziehstufen)	Koordinate	Ergebnis für verschiedene Quellen der Fließkurve		
			Datenbank Simufact	Experimentell ermittelt	Literatur Hinkfoth
1	0,73	Δd_{rel}	0,7	0,0	0,7
		Δb_{rel}	-4,0	-2,8	-2,6
2	1,07	Δd_{rel}	0,9	0,9	0,9
		Δb_{rel}	-4,9	-3,5	-3,5
3	1,27	Δd_{rel}	1,1	1,1	1,1
		Δb_{rel}	-3,4	-2,2	-2,2
4	1,36	Δd_{rel}	1,2	1,2	1,2
		Δb_{rel}	-1,7	-1,7	-2,0

Tabelle 1: Mechanische Eigenschaften (Übersicht)

Walzstufe	Koordinate	Ergebnis für Variationen von einflussbehafteten Parametern						
		-	$\mu \uparrow$	$\mu \uparrow \uparrow$	$\mu \uparrow \uparrow \uparrow$	$v_{Walzen} \downarrow$	$v_{Walzen} \downarrow \downarrow$	$T \downarrow$
1	Δd_{rel}	0,7	0,7	0,	0,7	0,7	0,7	0,7
	Δb_{rel}	-10,9	-7,3	-2,8	0,5	-12,9	-12,9	-12,7
2	Δd_{rel}	0,9		0,9	0,9			
	Δb_{rel}	-14,6		-3,5	0,2			
3	Δd_{rel}	1,1	Tendenz ist gut; Einfluss jedoch noch gering	1,1	1,1	nur marginaler Einfluss feststellbar	nur marginaler Einfluss feststellbar	keine Abhängigkeit der Temperatur in Fließkurve
	Δb_{rel}	-13,4		-2,2	1,1			
4	Δd_{rel}	1,2		1,2	1,2			
	Δb_{rel}	-12,9		-1,7	1,4			

Tabelle 2: Relative Abweichung der Simulation zum Sollwert in % (Werkstoff Cu-ETP1, experimentell ermittelt) für die Walzstraße unter Variation verschiedener Prozessparameter [3]

Fließkurve aus der Simufact-Datenbank zur größten Abweichung, dabei zeigt die mathematische Form (3) bereits entsprechend große Unterschiede.

Ein beispielhaftes Ergebnis aus der Simulation bzw. dem gewalzten Draht ist in Bild 1 dargestellt. Das typische Walzkreuz ist hierbei im geätzten Querschliff und entsprechend in der Verteilung des Umformgrades in der Simulation erkennbar. Der stärkste Unterschied in der Geometrie zeigt sich an den Kantenradien, welche einer Abflachung unterliegen. Dies ist auf ein relativ großes Netz zurückzuführen, um die Rechenzeiten zu optimieren. Diese Abweichung wird dabei in Kauf genommen, da die Drahtbreite sehr genau ausgegeben wird. In diesem Detaillierungsgrad benötigt ein entsprechendes Simulationsmodell ca. drei bis fünf Tage für Aufbau, Analyse und Auswertung.

Variation der Umformparameter und Simulationsergebnis einer vollständigen Stichfolge

In diesem Kapitel dient die experimentell ermittelte Fließkurve als Grundlage. Die einzelnen Dicken- und Breitenabweichungen sind in Tabelle 2 exemplarisch für den Werkstoff Cu-ETP1 die Walzstraße (WS1 bis WS4) dargestellt. Der erste Reiter verwendet hierzu Standardwerte für Temperatur, Reibung, Prozessgeschwindigkeiten, etc.. Eine systematische durchgehende Abweichung mit geringer Streuung über alle Walzstufen ist zu erkennen.

Die Anpassung der Reibwerte im Coulombschen-Schubreib-Gesetz für die erste Walzstufe liefert die besten Ergebnisse zur Beseitigung des Offsets, so dass dieser Ansatz weiter verfolgt wird. Die Reibparameter werden über drei Stufen hinweg einer linearen Erhöhung unterzogen. Mit zunehmender Erhöhung ist eine Verbesserung der Ergebnisse inklusive der Breitung sichtbar. Über die Walzstraße

(WS1 bis WS4) hinweg wird eine konstant niedrige Abweichung erreicht. Die Prozessgeschwindigkeit oder Temperatur hat entweder keinen nennenswerten Einfluss oder ist nicht aussagekräftig, da für die Extrapolation der Fließkurvenwerte keine Daten im Materialmodell hinterlegt sind.

Übertrag der ermittelten Umformparameter auf eine reduzierte Stichfolge

Bei Komprimierung der Walzstraße von vier auf drei Stichfolgen verändern sich, bei gleichgebliebener Dicke der Ausgangsgeometrie in d_{WS3^*} ($\equiv d_{WS4}$), neben der resul-

Walzstufe	Koordinate	Ergebnis für Variationen von einflussbehafteten Parametern						
		-	$\mu \uparrow$	$\mu \uparrow \uparrow$	$\mu \uparrow \uparrow \uparrow$	$v_{Walzen} \downarrow$	$v_{Walzen} \downarrow \downarrow$	$T \downarrow$
1*	Δd_{rel}	0,9	Tendenz ist gut; Einfluss jedoch noch gering	0,7	Material-Abriß des Drahtes in Simulation	nur marginaler Einfluss feststellbar	nur marginaler Einfluss feststellbar	keine Abhängigkeit der Temperatur in Fließkurve
	Δb_{rel}	-14,6		-				
2*	Δd_{rel}	1,1		0,0				
	Δb_{rel}	-13,4		-				
3*	Δd_{rel}	1,2	1,2					
	Δb_{rel}	-12,9	13,7					

Tabelle 3: Relative Abweichung der Simulation zum Sollwert in % (Werkstoff Cu-ETP1, experimentell ermittelt) für die reduzierte Walzstraße unter Variation verschiedener Prozessparameter [3]

tierenden Breitung des Drahtes auch die Dicken der Walzstufen 1 & 2. Eine Anpassung der ersten beiden Walzstufen ist erforderlich, da sonst der Umformgrad je Walzstufe einen kritischen Wert erreicht. Dies

führt zu hoher Werkstoffbelastung, sowie zu einer Einschnürung und schlussendlich zum Abriss des Drahtes (Tabelle 3).

Für die reduzierte Walzstraße ergibt die Optimierung der Berechnungsroutine für das Ergebnis WS3* statt einer starken negativen, nun zunächst eine starke positive Abweichung aus (vergleiche dazu Tabelle 2 und Tabelle 3). Je nach (zu stark) geändertem Parameter ist ein Abbruch der Analyse ebenfalls möglich (Abriss des Materials).

Der maximale Dickenumformgrad, welcher vom gezogenen, bereits vorverfestigten Runddraht und bei gegebener Geometrie auf die erste Walzstufe absolviert werden kann, liegt bei ca. $|\varphi_{d,1^*}| = \ln(d_{WS1^*} / d_{ZS,end}) = 0,767$. Damit ergibt sich eine mehr als Verdopplung der Formänderung in WS1* vom vorverformten Zustand mit $|\varphi_{d,akkum_rund^*}| = 0,577$ auf $|\varphi_{d,akkum_1^*}| = 1,344$. Dies entspricht bei gegebenem vorgeschädigtem Werkstoff, der Temperatur und gegebenem Spannungszustand einer Annäherung an das erreichbare Formänderungsvermögen des Drahtes. Ermittelte Formänderungsvermögen von Umformverfahren können jedoch bisher nicht erfolgreich auf verschiedene Anwen-

dungsfälle übertragen oder umgerechnet werden [5]. Dies kann im Simulationsmodell selbst auch nicht über verschiedene Kontakt-, Haft- und Gleitbedingungen kompensiert werden (Bild 2).

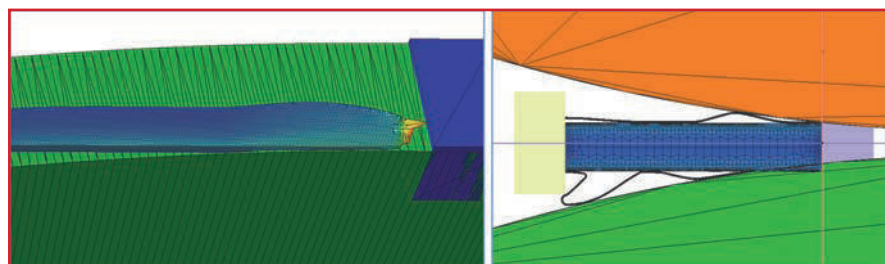


Bild 2: Links: Einschnürung und Abriss des simulierten Drahtstückes bei zu hoher Belastung bzw. bei zu großem Umformgrad in Walzstufe WS1*; rechts: Auswirkungen wie Ablösung der Beschichtung bei hybriden Werkstoffen oder Durchdringungen mit Walzen bei negativ gewählten Kontaktdefinitionen und -bedingungen; rechts/links: Walzrichtung nach rechts [3]

Walzstufe	Koordinate	Cu-ETP1 (experimentell ermittelt)	CuSn0,15 (experimentell ermittelt)	CuMg0,30 (experimentell ermittelt)
1	Δd_{rel}	0,0	0,7	0,7
	Δb_{rel}	-2,8	-2,8	-2,6
2	Δd_{rel}	0,9	0,9	0,9
	Δb_{rel}	-3,5	-3,7	-3,3
3	Δd_{rel}	1,1	1,1	1,1
	Δb_{rel}	-2,2	-2,0	-1,0
4	Δd_{rel}	1,2	1,2	1,2
	Δb_{rel}	-1,7	-1,8	-1,2
1*	Δd_{rel}	0,7	0,0	0,0
	Δb_{rel}	-	-	-
2*	Δd_{rel}	0,0	0,0	0,0
	Δb_{rel}	-	-	-
3*	Δd_{rel}	1,2	1,2	1,2
	Δb_{rel}	13,7	14,0	14,5

Tabelle 4: Relative Abweichung der Simulation zum Sollwert in Prozent für experimentell ermittelte Fließkurven über die (reduzierte) Walzstraße bei gleichbleibend erhöhten Reibparameter ($\mu \uparrow \uparrow$) [3]

Weiterhin werden neben geänderten b/d -Verhältnissen, bei der Reduktion der Stichanzahl auch die Walzendurchmesser verändert. Als vorteilhaft zeigen sich hierbei die praktischen Erfahrungen über Walzpaarungen zur Verwendung unterschiedlicher und nicht einheitlicher Kombinationen im Aufbau der Walzstraßen. Die Auswahl einer solchen Walzpaarung gestaltet sich bei der gegebenen kleinen Stichanzahl jedoch nicht trivial. Die Auswahl der Walzendurchmesser bei diesen drei Umformvorgängen wird hier je nach Geometrie, Werkstoff oder gewünschtem Ergebnis, wie bspw. einem hohen Umformgrad je Walzstufe oder einer gewünschten Breite getroffen.

Übertragung der Ergebnisse der Variationen von Umformparametern auf niedrig legierte Kupferwerkstoffe für die (reduzierte) Walzstraße

Bei Anwendungen des beschriebenen Modells, der Auswahl an Walzen sowie dem Übertrag der optimierten Reibwerte auf die Simulationsmodelle von CuSn0,15 und CuMg0,30 können die Ergebnisse wie in Tabelle 4 dargestellt erreicht werden. Die Sensibilitätsanalysen zeigen eine durchgehend geringe Abweichung für die originalen Walzpaarungen über alle Werkstoffe hinweg. Für die reduzierte Walzstraße ergibt sich ein durchgängiger Offset von 10 % oder mehr. Die Breite des Drahtes fällt somit deutlich größer aus als im originalen Arbeitsplan. Die ähnlich geringe Abweichung der Werkstoffe lässt sich auf die im Materialmodell hinterlegten Fließkurven zurückführen (Tabelle 1) [1]. Ein Einstellen des b/d -Verhältnisses ist aufgrund der Abhängigkeit der Breite von mehreren Parametern (Reibung, Tempera-

tur, Prozessgeschwindigkeiten, etc.) und einer offenen Umformung kaum möglich. Ein Erreichen der gleichen Breite wie im Arbeitsplan ist weder einfach erreichbar, noch zielführend. Als Zielgröße ist somit in der Simulation die Dicke des Drahtes zu sehen.

Validierungsversuche der reduzierten Walzstraße

Die Ergebnisse der Validierungsversuche sind in Tabelle 5 in bekannter Weise dargestellt. Die Breite über den reduzier-

Walzstufe	Koordinate	CuETP1 (experimentell ermittelt)	CuSn0,15 (experimentell ermittelt)	CuMg0,30 (experimentell ermittelt)
1*	Δd_{rel}	2,7	1,4	0,7
	Δb_{rel}	0,5	1,6	1,0
2*	Δd_{rel}	3,3	2,2	1,1
	Δb_{rel}	-0,1	5,2	0,7
3*	Δd_{rel}	4,4	2,4	3,1
	Δb_{rel}	1,9	4,3	0,4

Tabelle 5: Validierungsversuche des reinen Metalls und niedrig legierter Kupferwerkstoffe für die reduzierte Walzstraße bei gleichbleibend erhöhtem Reibparameter ($\mu \uparrow \uparrow$) [3]

ten Walzprozess ist hierbei entsprechend der FE-Simulation eingetreten. Die entsprechenden Abweichungen sind gering. Entsprechend aufgetretene Dickenabweichungen entstehen durch die Einrichtung und Einstellung des Walzgerüsts und -straße.

Bild 3 zeigt die Werte aus Tabelle 4 und Tabelle 5 grafisch mit den entsprechenden Breitenabweichungen über den akkumulierten Umformgrad, inclusive der vorangegangenen Verformung durch die Ziehstufen. Durchgezogene Linien entsprechen der Breitenabweichung von Simulation zu Soll (originale Walzstraße), gepunktete Linien von Simulation zu Ist-Zustand (reduzierte Walzstraße). Die Breite liegt hierbei für beide untersuchten Zustände annähernd bei null. Bei CuSn0,15 ist die stärkere Abweichung nicht auf die Fließkurve, sondern auf Messunsicherheiten rückführbar.

Eine Betrachtung des b/d -Verhältnisses für Cu-ETP1 zeigt Bild 4. Die Simulation liefert für die originale Walzstraße mit erhöhten Reibungen gut angenäherte, leicht niedrigere Ergebnisse. Für die reduzierte Walzstraße (WS1*-WS3*) mit dem beschriebenen, geänderten b/d -Verhältnisses ist der gleiche Effekt erkennbar. Die Validierungsversuche liegen wie

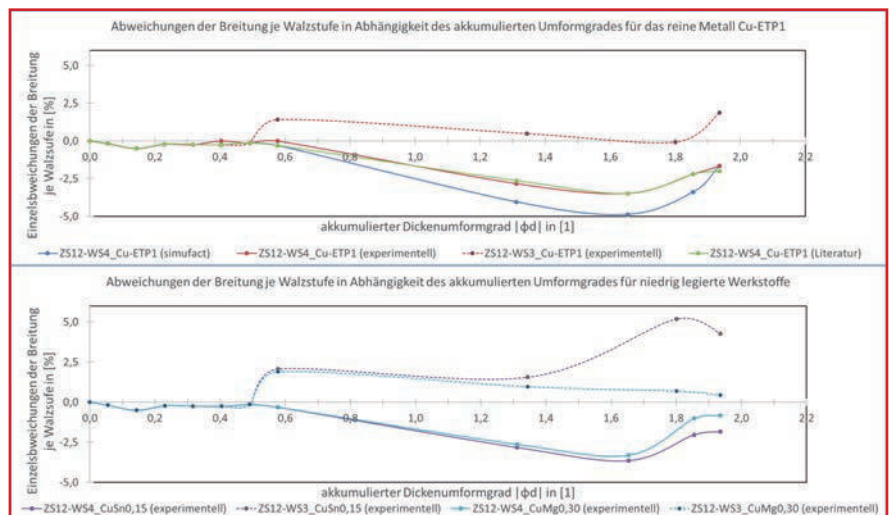


Bild 3: Abweichungen der Breite je Walzstufe von Simulation/Soll in Abhängigkeit des akkumulierten Dickenumformgrades [3]

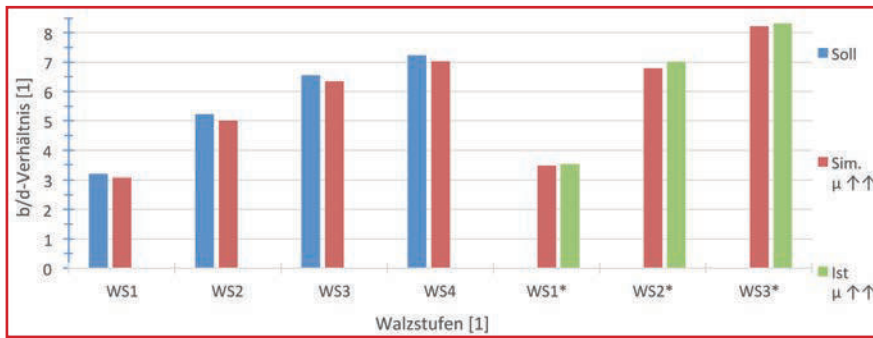


Bild 4: b/d-Verhältnisse über die Walzstufen (Cu-ETP1, experimentell ermittelt) [3]

die Sollwerte ebenfalls leicht über der Simulation.

Erstellung eines Simulationsmodells für hybride Werkstoffe

Das Preprocessing für die Simulation eines beschichteten Drahtes, sprich eines Hybridwerkstoffes (Bild 5), ist grundsätzlich im Aufbau sehr ähnlich zum bereits dargestellten unbeschichteten Draht. Der Aufbau und die Anordnung von Werkzeugen

werden. Der Drahtmantel selbst wird als Werkstück definiert (Bild 6).

Die zweite Einstellung betrifft die angewendeten Kontaktbedingungen. Die vorherrschende Kontaktart ist ‚Berühren‘. Diese liefert bei der Analyse des Prozesses Fehler zwischen dem Drahtmantel und -kern (Bild 2). Als geeignete Kontaktart ist ‚Haften‘ zu wählen, bei denen Knotenpunkte von Drahtmantel/-kern ihre Position und Bezug zueinander behalten: $P1 = f(P2, P3)$ (Bild 7 links oben). Neben

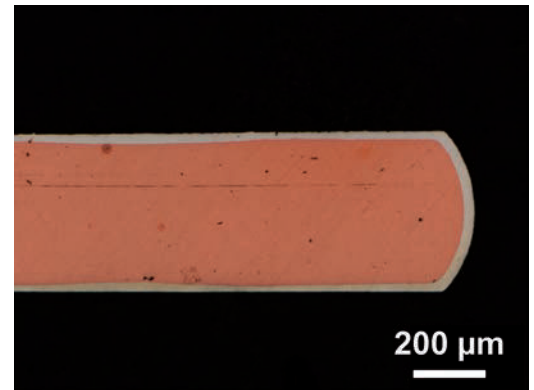


Bild 5: Schnittansicht eines hybriden Werkstoffes in einem Walzstich

einer Kontakttoleranz, welche vereinfacht einen Bereich vorgibt, in dem Verbindungen gesucht werden sollen, stehen weitere Einstellungen, mechanische Eigenschaften und Vorspannungen zur Verfeinerung des Simulationsmodells zur Verfügung. Neben der Kontaktart ist auch die Kontaktberechnung als dritte Einstellmöglichkeit zu nennen. Der Node-to-Segment-Kontakt ist die Standardmethode, welche generell genaue und stabile Ergebnisse liefert, sofern das Simulationsmodell richtig definiert wurde. Die Segmente (gebildete Kanten/Oberflächen zwischen den Elementknoten) werden dazu von den Elementknoten (Node) eines Körpers berührt. In Bild 7 (rechts oben) ist hierzu exemplarisch dargestellt, wie der obere Körper mit grober Vernetzung den fein vernetzten unteren Körper kontaktiert. Die Abbildung rechts unten zeigt umgekehrte Verhältnisse. Die Kontaktberechnung des Node-to-Segment selbst ist somit richtungsgebunden. Ein Kontakt darf auf-

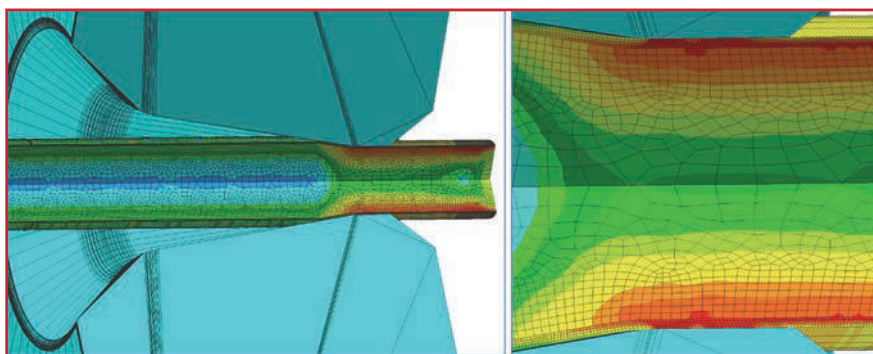


Bild 6: Prozessmodell in simufact.forming für den Ziehprozess (Übersicht links, Detail rechts) mit entsprechender Axialsymmetrie zur z-Achse [3]

(also Walzen, Ziehsteine und Behelfswerkzeuge), die Prozesseinstellungen, sowie die Einstellungen zur Verkettung bleiben prinzipiell identisch.

Der erste nennenswerte Unterschied liegt in der Implementierung der Beschichtung auf dem Grundmaterial (nachfolgend Drahtmantel und Drahtkern genannt). In simufact.forming werden benötigte Geometrien unterteilt in Werkstück oder Werkzeug, wobei seitens der Software nur ein Werkstück je Prozess vorgesehen wird. Unter Werkzeug wird weiterhin zwischen Starrkörpern (mit/ohne Wärmeleitung) und deformierbaren Körpern differenziert. Bei Auswahl des deformierbaren Körpers für den Drahtkern können an diesem die gleichen Eigenschaften (Verformung, thermische Eigenschaften, Materialverhalten, etc.) wie dem Werkstück angelegt

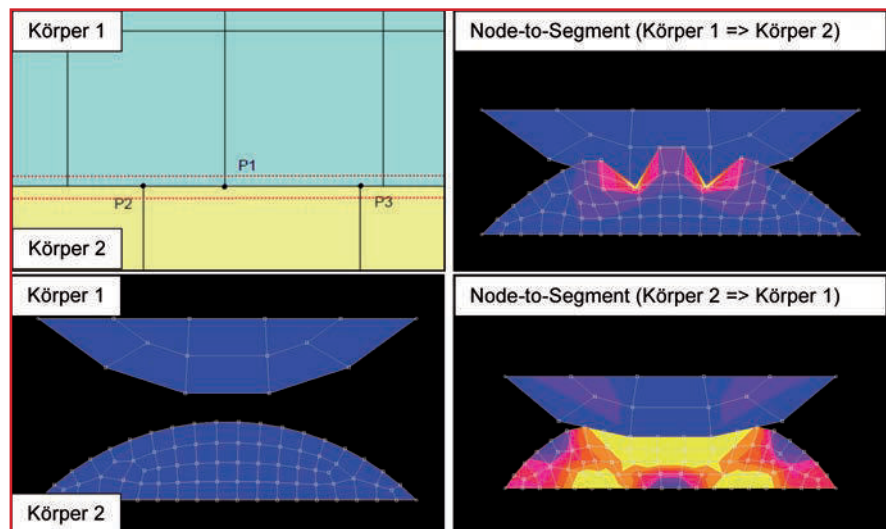


Bild 7: Links oben: prinzipielle Darstellung der Kontaktart mit Kontakttoleranz; links unten: Aufeinandertreffen zweier simulierter Körper mit unterschiedlicher Vernetzung nach Node-to-Segment-Kontakt im Ausgangszustand und je nach Kontakttrichtung (rechts) [4]

grund des oben gezeigten Effektes, somit nur in einer Richtung vorherrschen, von fein zu grob vernetzten Körpern. Weiterhin lässt sich als Kontaktberechnung auch ein Segment-to-Segment-Kontakt einstellen. Dieser arbeitet nicht mit Zwangsbedingungen, sondern ist in die Spannungsberechnung integriert. Vergleichbar mit einer beaufschlagten Federsteifigkeit für eine auftretende Durchdringung, welche als Ziel eine Eliminierung derselben anstrebt. Segment-to-Segment bildet einen stabilen Kontakt zwischen deformierbaren Körpern bei beliebiger Abhängigkeit von Kontaktrichtung und Vernetzung. Jedoch besitzen solche Systeme mehrere Einschränkungen in der Anwendung und sind generell noch wenig getestet.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Fortführung des ersten Artikels beschreibt eine Anwendung der optimier-

ten Berechnungsroutine. Hierzu wurden Simulationen und Validierungsversuche vollzogen und untereinander verglichen. Diese Ergebnisse fließen bereits in die Arbeitsplanerstellung mit ein und dienen der Optimierung der Investitionen bei der Planung neuer Walzlinien.

Darüber hinaus wurde der Aufbau eines Simulationsmodells für beschichteten Draht beschrieben. Hier wird die Berechnungsroutine für hybride Materialien mit Reinkupfer und Silberbeschichtung optimiert. Der Faktor Breitung soll dabei tiefergehend analysiert werden. Im Speziellen das Oberflächenrauheitsprofil von Walzen, die Reibungswerte in Abhängigkeit vom Umformgrad je Walzstufe und die eingestellten Tänzerkräfte.

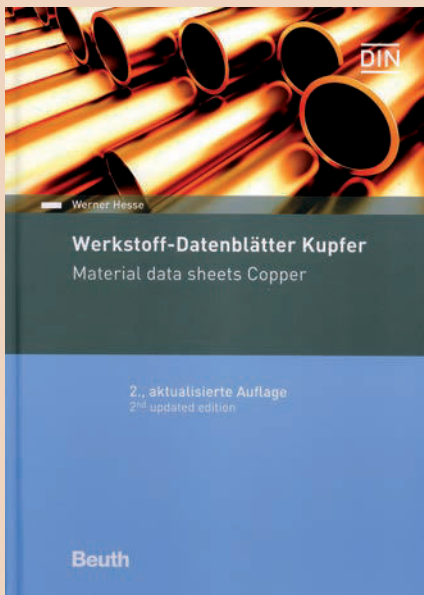
Literatur

[1] B. Hertweck et al., Optimierung der Flachdrahtherstellung mittels Finite-Element-Analyse – Teil 1: Erstellung eines validen Modells, METALL 72 (11) 2018.

[2] R. Hinkfoth, Massivumformung – Bulk forming process, Wissenschaftsverlag Mainz, Aachen, 2003
 [3] Simufact Engineering, ein MSC Software Unternehmen, (Version V15) (Software), Elektronische Quelle, 2018
 [4] Simufact Engineering, ein MSC Software Unternehmen, J. Litzkow, Unterlagen Grundlagen-/Individualschulung, 03.05.2018
 [5] R. Kopp/H. Wiegels, Einführung in die Umformtechnik, Verlag Mainz, Aachen, 1999
 [6] G. Petzow, Metallographisches, Keramographisches und plastographisches Ätzen, 7. leicht korrigierte Auflage, Stuttgart, 2015

(1) Hugo Kern und Liebers GmbH & Co. KG, Dr.-Kurt-Steim-Straße 35, 78713 Schramberg.
 (2) Bruker-Spaleck GmbH, Weilerstrasse 30, 78739 Hardt

Neue Informationen rund um Kupfer



Werkstoff-Datenblätter Kupfer

Anwender haben viele Fragen zu Kupfer und seinen Legierungen. Welcher Werkstoff eignet sich für eine bestimmte Anwendung? Wie sieht es mit der Festigkeit aus, wie steht es um die Leitfähigkeit? Die Werkstoff-Datenblätter für Kupfer enthalten in übersichtlicher Form eine Zusammenstellung der wichtigsten Daten

zu Knet- und Gusswerkstoffen aus Kupfer und Kupferlegierungen. In praktischen, übersichtlichen Tabellen finden sich Angaben zur chemischen Zusammensetzung (Art und zulässige Höchstmenge von Beimengungen), zu Anwendungsgebieten sowie zu mechanischen und physikalischen Eigenschaften – jeweils für verschiedene Werkstoffzustände. Die „Werkstoff-Datenblätter Kupfer“ behandeln sämtliche in der EU-Normung erfassten Werkstoffe aus Kupfer und Kupferlegierungen. Insgesamt sind damit Daten zu 151 Knetlegierungen und 49 Gusslegierungen in diesen Arbeitsblättern aufgeführt. Zudem liefert das Kompendium Informationen zu internationalen Vergleichswerkstoffen. Des Weiteren sind den Werkstoffen die betreffenden DIN-Normen zugeordnet. Die zweisprachige Ausgabe (deutsch/englisch) entspricht dem aktuellen Stand der europäischen Normung. Das Buch bietet eine wertvolle Entscheidungshilfe bei der Planung von Anwendungen, bei denen Kupfer oder Kupferlegierungen zum Einsatz kommen sollen.

W. Hesse, Beuth-Verlag, 2019, 2. Auflage, 514S., 268Eur, geb, ISBN 978-3-410-28505-2

Die Trinkwasserverordnung - Stand 2018

Seit gut einem Jahr ist die 4. Änderungsverordnung zur Trinkwasserverordnung (TrinkwV) in Kraft. Sie brachte eine Reihe von wichtigen Änderungen und Anpassungen im Gesetzestext mit sich. Dieses Buch hilft dabei, die komplexen Sachverhalte sowie teilweise verschachtelten Änderungen transparent und verständlich darzustellen.

Der Leser findet Unterstützung bei der rechtssicheren Integration von Bestimmungen und Regeln. Dazu sind auch die Begründungen von Gesetzgeber und Bundesrat enthalten. Neben einem ausführlichen einführenden Teil enthält das Buch auch eine vergleichende Darstellung der verschiedenen Stadien der TrinkwV der letzten Jahre sowie die offizielle Begründung des Gesetzgebers zur Verordnung samt relevanter Bundesratsbeschlüsse.

U. Borchers, Beuth-Verlag, 3. Aufl. 2018, 330 S., br., 52,00 Euro, ISBN 978-3-410-27977-8