

Die Herstellung von gegossenen Profilwalzen

H. Polzin

Zur Herstellung von Profilen durch Walzen werden seit Jahrzehnten gegossene Walzen als Umformwerkzeuge eingesetzt. Die Bandbreite der Produkte reicht dabei von Winkel-, U- und H-Profilen bis hin zu komplizierten Spundbohlen- und Schienenquerschnitten. Die Walzengießerei blickt auf eine mehrere Jahrhunderte währende Tradition zurück. Die

Herstellungstechnologien wurden seitdem im wesentlichen auf der Basis langjähriger Erfahrungen weiterentwickelt, vervollkommen und auf das heute vorhandene hohe Niveau geführt. Im folgenden Beitrag soll ein grundsätzlicher Überblick über die Erzeugung von gegossenen Profilwalzen in der Walzengießerei Coswig GmbH gegeben werden.

Allgemeines

In der heutigen Zeit werden gewalzte Profile nach zwei grundsätzlichen Umformungstechnologien hergestellt. Dies ist zum einen das klassische Walzen im Duo-Gerüst mit Ober- und Unterwalze, bei dem die Konturen der zu erzeugenden Profile in die Ballen der Walzen eingeschnitten werden. Die Walzen werden beim Auftreten eines qualitätsmindernden Verschleißbildes (Brandrisse und andere Oberflächenschäden) im Walzwerk nachgedreht und erneut eingesetzt. Beim Erreichen eines minimalen Durchmessers (Abwurfdurchmesser) werden diese Walzen verschrottet. Bild 1 zeigt drei Beispiele, wie in dieser Walzanordnung Schienen, Sonderprofile und Spundwandprofile erzeugt werden. Die zweite zum Walzen von Profilen angewandte Technologie ist das Walzen im Universalwalzgerüst mit jeweils zwei Horizontal- und zwei Vertikalwalzringen auf wiederverwendbaren Achsen. In Bild 2 ist schematisch die Arbeitsweise eines Universalwalzgerüsts dargestellt. Wie bereits aus der Bezeichnung entnommen werden kann, ist ein derartiges Umformaggregat zur Herstellung von Profilen mit unterschiedlichen Geometrien geeignet. Aufgrund seiner breiteren Einsatzmöglichkeiten, seiner hohen Produktivität und natürlich auch durch die Verwendung der kostengünstigeren Walzringe und der wiedereinsetzbaren Achsen findet das Verfahren in den letzten Jahren eine immer breitere Anwendung.

Dr.-Ing. Hartmut Polzin war Leiter der Qualitäts- und Entwicklungsstelle der Walzengießerei Coswig GmbH. Nachdruck eines (leider ausgefallenen) Vortrages anlässlich des 11. Ledebur-Kolloquiums am 25. und 26. Oktober 2001 am Gießerei-Institut der TU Bergakademie Freiberg

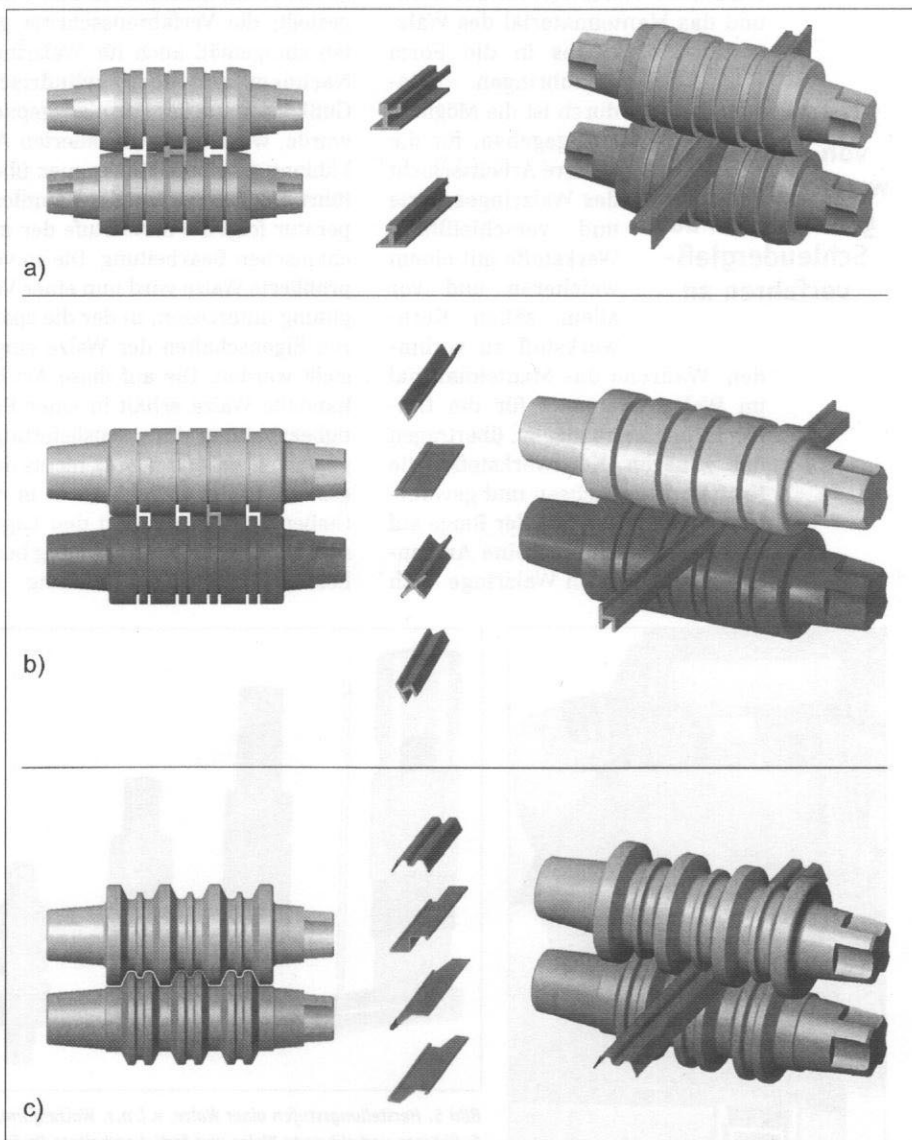


Bild 1. Walzen im Duo-Walzgerüst von Schienen (a), Sonderprofilen (b) und Spundwandprofilen (c)

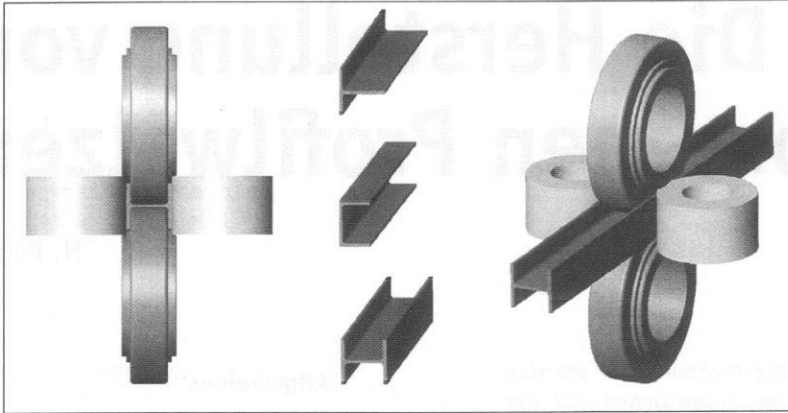


Bild 2. Schematischer Aufbau der Walzringanordnung im Universalwalzgerüst zur Herstellung von H-Trägern

Formen und Gießen

Die für diese zwei Verfahren verwendeten Walzen unterscheiden sich auch in ihrer Herstellungsbzw. Gießtechnologie grundlegend voneinander. Kompaktwalzen werden in einer aus Kokillen zusammengesetzten Form hergestellt. In Bild 3 ist eine solche Form schematisch gezeigt. In der Schnittdarstellung erkennt man die zusammengesetzte Form mit dem darin befindlichen Gußkörper und der späteren Walzengeometrie. Die Form wird, auf einer Bodenplatte stehend, in einer Gießgrube aufgebaut. Dabei wird der Unterzapfen in der Regel mit furanharzgebundenem Formstoff in der Kokille abgebildet, während die Oberzapfenkokillen als isolierende Speiser gestaltet sind. Für die Ballenkokillen werden je nach Walzenwerkstoff und Anwendungsgebiet verschiedene Formüberzüge verwendet. Neben dem in Bild 3 dargestellten steigenden Guß wird auch die Variante fallender Guß mit Einguß durch den Oberzapfen angewendet.

Zur Produktion von Walzringen wendet man heute größtenteils das Schleudergießverfahren an. In der Walzengießerei Coswig wird dazu eine Horizontal-Schleudergießanlage eingesetzt (Bild 4), mit der Ringe mit maximalem Außendurchmesser von 1600 mm gegossen werden können. Die mögliche Masse des gegossenen Schleudergießrohlinges liegt bei ca. 20 t, die maximale bewegte Masse auf der Anlage beträgt mit Kokille etwa 50 t. Die erzeugten Rohlinge werden dann entsprechend dem Kundenwunsch in Walzringe in den bestellten Abmessungen

geteilt. Der Vorteil des Schleudergießverfahrens besteht darin, daß es die Möglichkeit bietet, unterschiedliche Werkstoffe für das Kern- und das Mantelmaterial des Walz-

» Zur Produktion von Walzringen wendet man heute größtenteils das Schleudergießverfahren an «

ringes in die Form einzubringen. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, für die spätere Arbeitsschicht des Walzringes harte und verschleißfeste Werkstoffe mit einem weichen und vor allem zähen Kernwerkstoff zu verbinden.

Während das Mantelmaterial im Walzwerkeinsatz für die Umformarbeit zuständig ist, übertragen die zäheren Kernwerkstoffe die Kräfte auf die Achsen und gewährleisten den festen Sitz der Ringe auf den Achsen. Für einzelne Anwendungsfälle werden Walzringe auch

ähnlich den Kompaktwalzen im statischen Guß hergestellt.

Der weitere Werdegang einer Walze nach dem Gießen ist in Bild 5 dargestellt; die Verfahrensschritte gelten sinngemäß auch für Walzringe. Nachdem der noch zylindrische Gußkörper aus der Form ausgepackt wurde, wird er zur gesteuerten Abkühlung in eine Glühkammer überführt. Nach Erreichen der Raumtemperatur folgt die erste Stufe der mechanischen Bearbeitung. Die so vorprofilierte Walze wird nun einer Vergütung unterzogen, in der die späteren Eigenschaften der Walze eingestellt werden. Die auf diese Art behandelte Walze erhält in einer Fertigbearbeitung ihre Auslieferungsgeometrie, in Bild 5 ganz rechts dargestellt. In der Regel werden in der Gießerei die Zapfen mit den Lagerstellen der Walzen einbaufertig bearbeitet. Die Fertigkalibrierung der

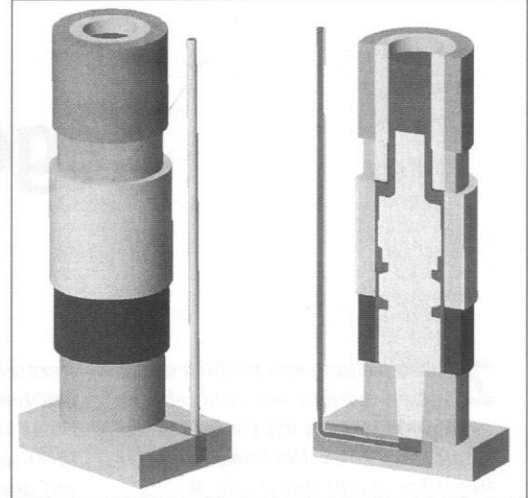


Bild 3. Aufbau einer Form für den statischen Walzenguß

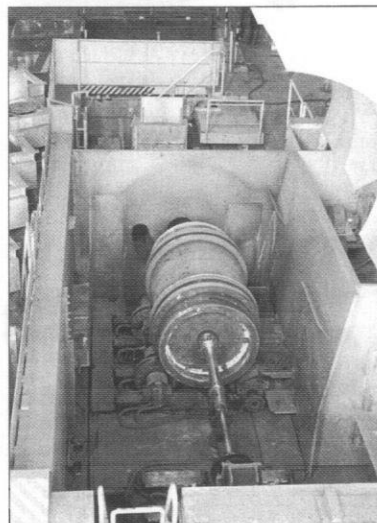


Bild 4. Horizontal-Schleudergießanlage

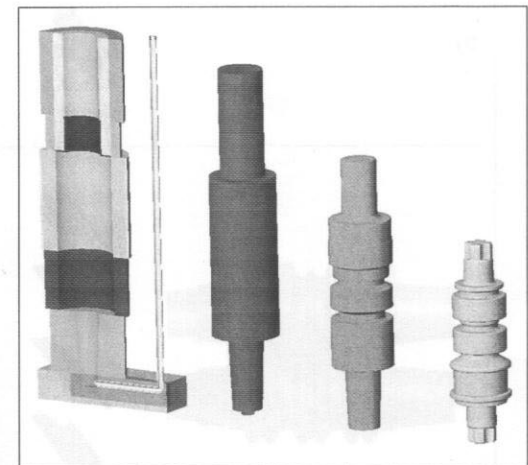


Bild 5. Herstellungstufen einer Walze, v. l. n. r. Walzenform, Gußkörper, vorkalibrierte Walze und fertigbearbeitete Profilwalze

Profile erfolgt dagegen im Walzwerk selbst, d. h., auf den Profilen der Walzen verbleibt ein Aufmaß. In einigen

Fällen werden jedoch auch fertigkalandrierte, d. h. komplett einbaufertige Walzen an den Kunden geliefert.

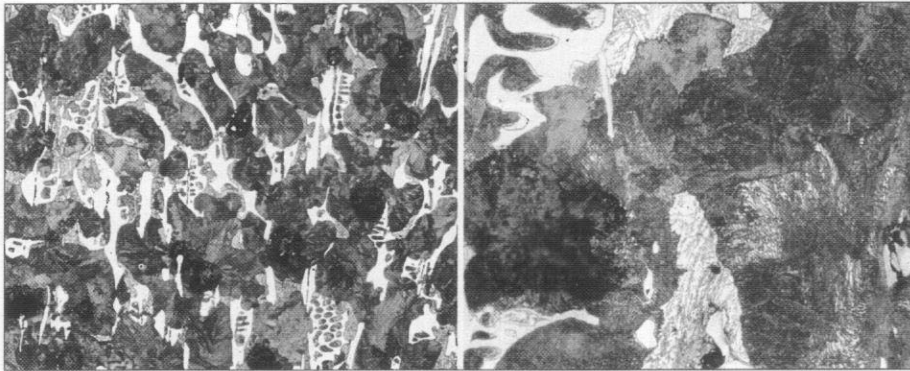


Bild 6. Perlitischer Sphäroguß, 100x und 500x, Perlit, Karbid, Graphit

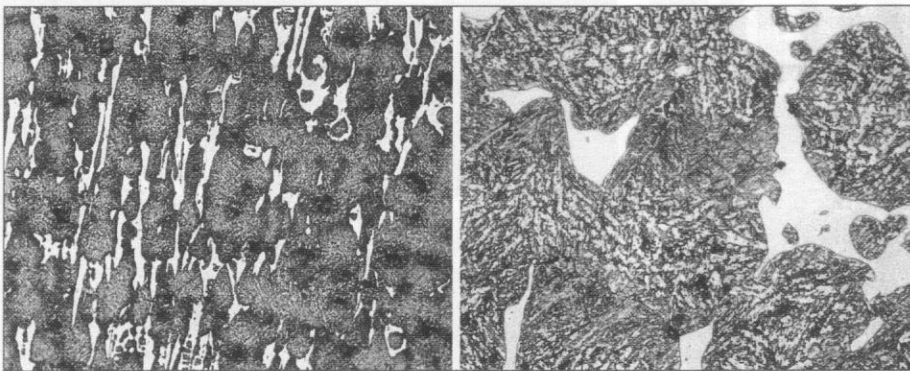


Bild 7. Bainitischer Sphäroguß, 100x und 500x, Bainit, (Perlit), Karbid, Graphit

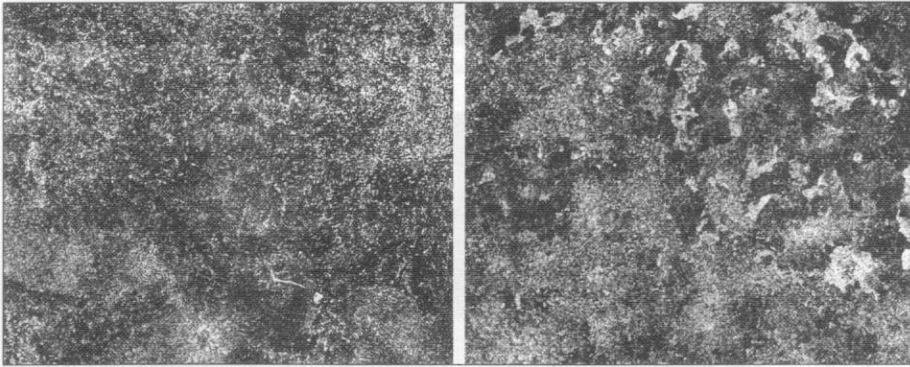


Bild 8. Untereutektoider Stahlguß, 100x und 500x, Perlit, (Graphit)

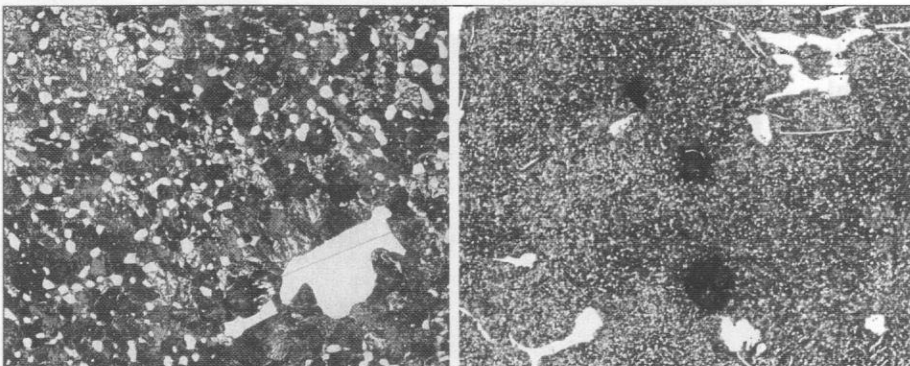


Bild 9. Übereutektoider Stahlguß, 100x und 500x, Perlit, Karbid, Graphit

Werkstoffe

Die im folgenden vorgestellten Werkstoffe werden u. a. zur Herstellung von Profilwalzen eingesetzt. Walzenwerkstoffe entsprechen meist keinen gültigen Normen und Regelwerken, im VDG-Merkblatt W 44 werden jedoch beispielsweise einige Grundregeln der Klassifizierung festgelegt. Die beiden heute wichtigsten zur Herstellung von Profilwalzen eingesetzten Werkstoffgruppen sind die legierten Gußeisen mit Kugelgraphit (Sphäroguß) und die Stahlgußwerkstoffe. Sind die Sphärogußwerkstoffe durch ihren Kohlenstoffgehalt von über 3 % recht eindeutig den Gußeisenwerkstoffen zuordenbar, entsprechen die Stahlgußwalzenwerkstoffe mit Kohlenstoffgehalten zwischen etwa 0,6 und 2,3 % eigentlich nicht den Vorstellungen von Stahlguß mit deutlich niedrigeren Kohlenstoffgehalten. Aber auch diese Bezeichnungen sind, wie bereits erwähnt, historisch gewachsen.

Wenden wir uns nun der ersten Gruppe zu, den legierten Sphärogußwerkstoffen. Sie finden in den zwei Grundtypen mit perlitischer und bainitischer Struktur Verwendung. Neben dem Grundgefüge in perlitischer oder bainitischer Matrix enthalten diese Werkstoffe, von außen nach innen abnehmend, Karbide in ledeburitischer Anordnung und zunehmend Graphit in Kugelform. Während bei perlitischen Werkstoffen (Bild 6) die Härte hauptsächlich durch die eingelagerten Karbide erreicht wird, ist bei den bainitischen (Bild 7) dafür hauptsächlich die Ausbildung des Grundgefüges verantwortlich. Diese Werkstoffe erzielen daher deutlich höhere Festigkeitswerte. Härte, Härteabfall und Festigkeit der Sphärogußwerkstoffe werden zusätzlich durch die Zugabe von Legierungselementen beeinflusst. So wird für jeden Einsatzzweck und Walzentyp eine optimale Kombination von Verschleißwiderstand und Bruchfestigkeit angestrebt. Sphärogußwerkstoffe werden u. a. zur Herstellung von Vor-, Zwischen- und Fertigwalzen für Profile verwendet.

Die zweite Werkstoffgruppe, die Stahlgußwalzen, werden als unter- und naheutektoide sowie übereutektoide Qualitäten angeboten. Die

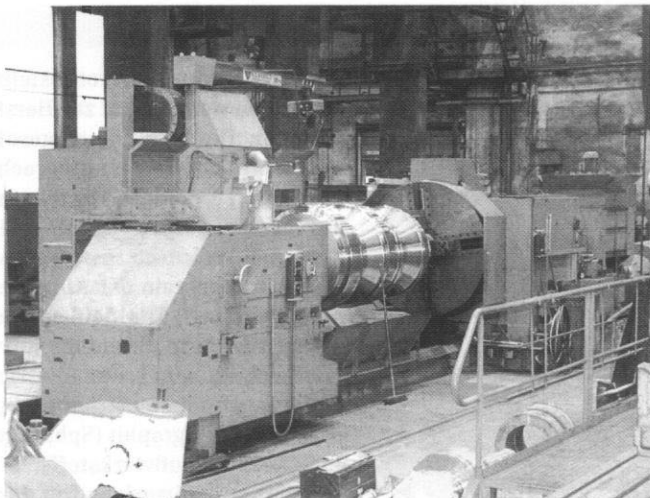


Bild 10. CNC-gesteuerte Bearbeitungsmaschine, Fertigkalibrierung

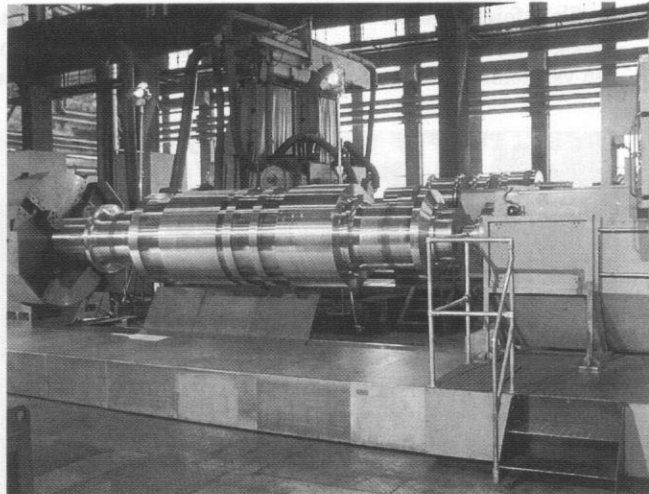


Bild 11. CNC-gesteuerte Bearbeitung, Vorkalibrierung

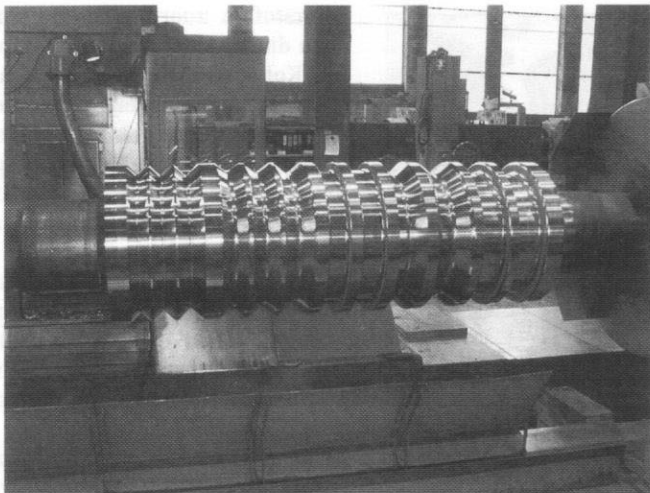


Bild 12. CNC-gesteuerte Bearbeitung, Nachkalibrierung

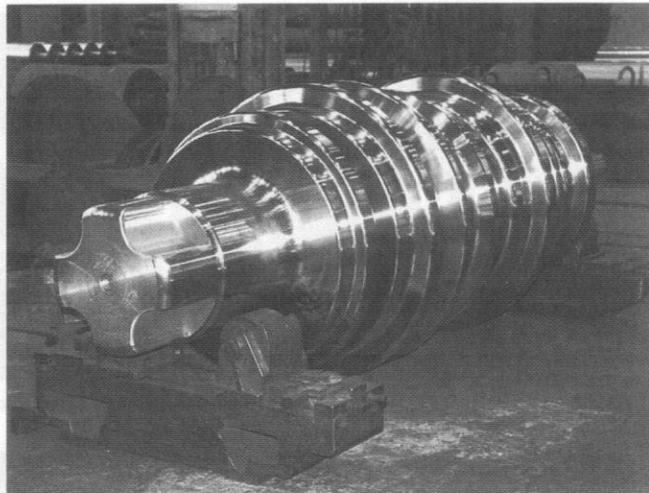


Bild 13. Fertigprodukt Schienenwalze

Kohlenstoffgehalte variieren dabei im Bereich zwischen 0,65 % und ca. 2,3 %. Während unter- bis naheutektoide Walzen (Bild 8) ein überwiegend perlitisches Gefüge aufweisen, sind bei übereutektoiden Werkstoffen (Bild 9) je nach Kohlenstoffgehalt unterschiedliche Mengen Zementit eingelagert. Die gewünschten Eigenschaften wie Härte, Festigkeit, Brandrißbeständigkeit u. a. werden über die Hauptlegierungselemente Silizium, Mangan, Chrom, Nickel, Molybdän und Vanadin eingestellt. Unabdingbar zur Herstellung aller Walzen ist zusätzlich eine den Einsatzbedingungen angepaßte Wärmebehandlung. Während untereutektoide Werkstoffe u. a. zur Herstellung von Block- und Profilwalzen, Spundbohlenfertigwalzen

» Die wichtigsten Werkstoffgruppen sind die legierten Gußeisen mit Kugelgraphit und die Stahlgußwerkstoffe «

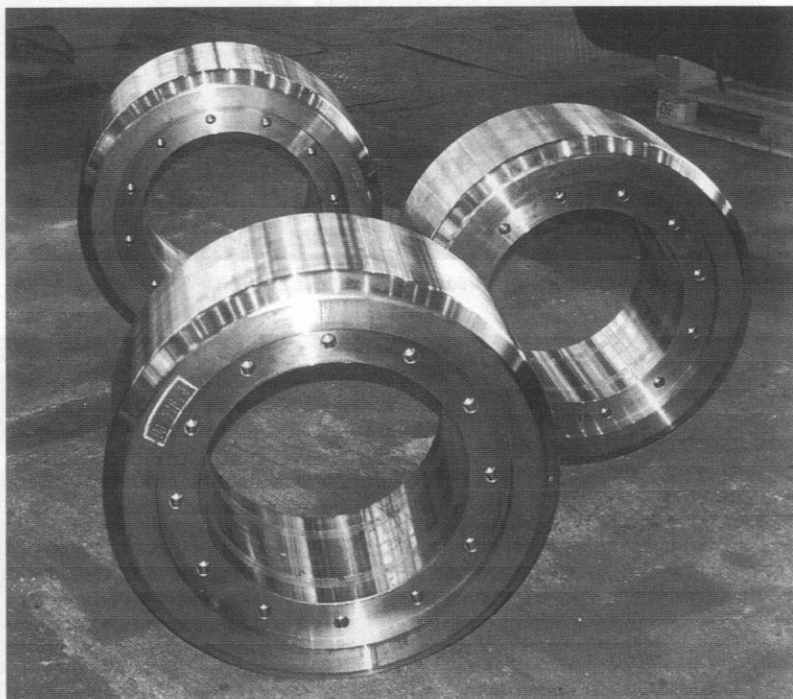


Bild 14. Fertigprodukt Walzringe

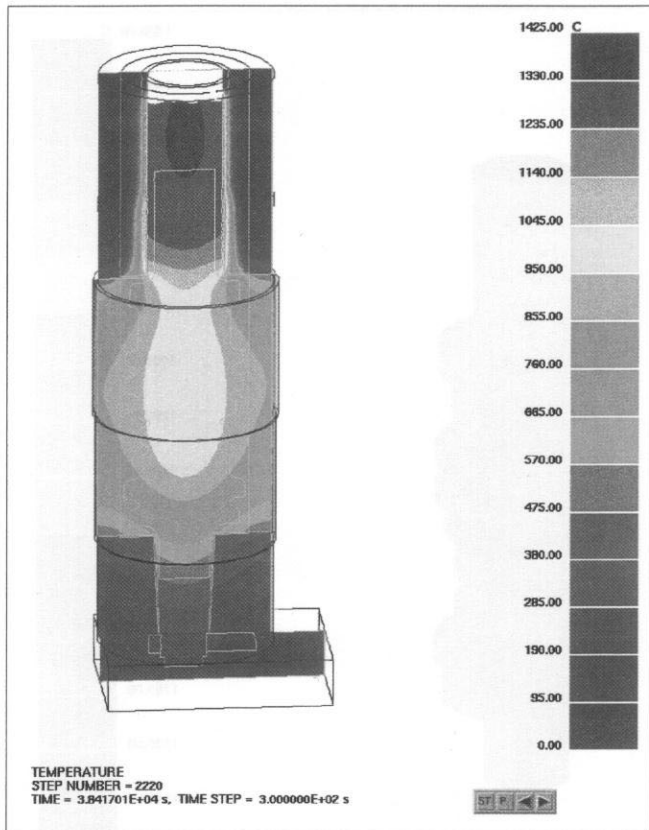


Bild 15. Erstarrungssimulation, Temperaturverläufe bei Abkühlung der Walze

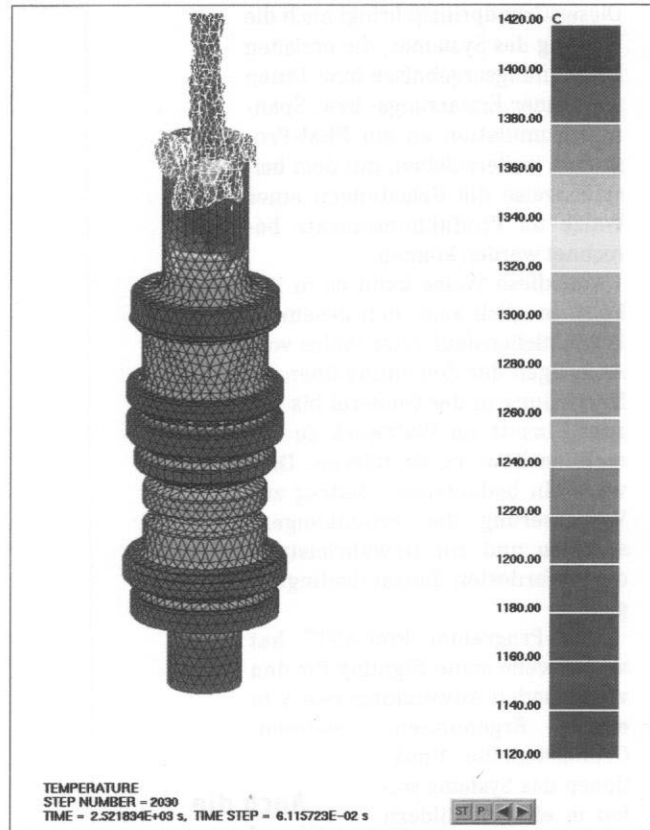


Bild 16. Erstarrungssimulation, Temperaturverläufe beim Gießen, Walze vorkalibriert, andere Bereiche ausgeblendet

und Achsen für Walzringe eingesetzt werden, finden übereutektoide Stahlgußqualitäten ihre Anwendung bei Vor- und Fertigwalzen für Knüppel, schwere Profile und Schienen sowie für Planetenschrägwalzen.

Mechanische Bearbeitung

Die mechanische Bearbeitung in der Walzengießerei Coswig ist mit modernen und zum größten Teil CNC-gesteuerten Bearbeitungsmaschinen zum Drehen, Fräsen, Bohren und Schleifen ausgerüstet. Die Bearbeitung von Rundteilen und damit auch Walzen kann bis zu Durchmessern von 1600 mm und Längen von 9000 mm durchgeführt werden. Die Maximalmasse kann dabei bis zu 50 t betragen. Mit dieser technischen Ausrüstung können dem Kunden Walzen in jedem beliebigen Anarbeitungszustand bis hin zum fertigkalibrierten einbaufertigen Produkt angeboten werden. In Bild 10 ist eine leistungsfähige Drehmaschine zu sehen, mit der Fertigkalibrierungen bis zu den o.g. Maximalabmessungen realisiert werden können. Die Bilder 11 und 12 zeigen die Fertigungsstufen Vorkalibrieren als die

am häufigsten realisierte Lieferform von Profilwalzen und das Nachkalibrieren. Letzteres stellt eine erweiterte Dienstleistung für den Kunden dar, der aus Termin-, Kapazitäts- oder sonstigen Gründen seine Walzen nicht selbst nachkalibrieren kann.

Die Bilder 13 und 14 zeigen Produkte, die nach der mechanischen Bearbeitung im Lieferzustand sind. Vor der Auslieferung werden sie selbstverständlich noch geeignet konserviert und verpackt. Die Schienenwalze in Bild 13 hat eine Masse von ca. 12,5 t und wurde aus Stahlguß hergestellt. Die Walzringe in Bild 14 wurden im Schleuderverbundguß aus zwei Stahlgußlegierungen gefertigt und haben ein Stückgewicht von 800 kg. Diese Ringe sind einbaufertig und zeigen das gesamte mögliche Spektrum an mechanischer Bearbeitung über das Drehen hinaus, beispielsweise Bohren, Gewindeschneiden und Schleifen.

Entwicklungsarbeiten

Zur Verbesserung von vorhandenen Produkten sowie zur Entwicklung neuer Erzeugnisse und Werkstoffe gibt es eine Reihe von Entwick-

lungsschwerpunkten, die im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte auf Landes- und Bundesebene gefördert werden. Eine anspruchsvolle Arbeitsrichtung ist die Entwicklung von Verbundgußwerkstoffen, bei denen ein Verbund aus metallischen und nichtmetallischen Bestandteilen hergestellt werden soll.

Das Ziel besteht dabei darin, durch das Einbringen von keramischen Teilchen in eine metallische Matrix einen Werkstoff mit erhöhter Verschleißbeständigkeit zu entwickeln.

Zur Verbesserung bereits vorhandener Werkstoffe und hergestellter Produkte wurde im Jahr 2000 das Erstarrungssimulationssystem ProCAST® angeschafft.

Da neben Problemen wie Formfüllung, Erstarrung und Abkühlung auch in bedeutendem Umfang Fragen der Spannungsausbildung in den Produkten untersucht werden sollten, fiel die Wahl auf das bis dahin in Deutschland noch relativ unbekannte System, das auf der Basis der finiten Elemente arbeitet.

» Die Bearbeitung von Walzen kann bis zu Durchmessern von 1600 mm und Längen von 9000 mm durchgeführt werden «

Dieses Grundprinzip bringt auch die Eignung des Systemes, die erzielten Berechnungsergebnisse bzw. Daten nach einer Erstarrungs- bzw. Spannungssimulation an ein FEM-Programm weiterzuleiten, mit dem beispielsweise die Belastungen einer Walze im Produktionseinsatz berechnet werden können.

Auf diese Weise kann es in Zukunft möglich sein, den gesamten Produktlebenslauf einer Walze vom Anfertigen der Zeichnung über die Herstellung in der Gießerei bis hin zum Einsatz im Walzwerk zu berechnen bzw. zu simulieren. Dies wäre ein bedeutender Beitrag zur Verbesserung der Produkteigenschaften und zur Gewährleistung der geforderten Einsatzbedingungen.

Das Programm ProCAST® hat mittlerweile seine Eignung für den vorliegenden Anwendungszweck in ersten Ergebnissen bewiesen.

Grundsätzliche Funktionen des Systems sollen in einigen Bildern dargestellt werden. Bild 15 zeigt die Situation bei der Abkühlung einer Walze in der Form. Deutlich zu sehen ist die Speisungsfunktion des Oberzapfens durch das dort vorhandene thermische Zentrum. In der Darstellung in Bild 16 wird das Gießen durch den Oberzapfen simuliert. Hier ist auch bereits die spätere Kontur der Walze zu erkennen. Es ist möglich, die Geometrie der Walze in die Form zu legen und die dann entfallenden Bereiche auszublenken. Deutlich zu sehen ist in diesem Bild, daß noch während des Gießens die äußeren Bereiche des Walzballens bereits eine merkliche Abkühlung aufweisen. Die weiter voranschreitende Abkühlung dieser Walze nach erfolgtem Guß zeigt Bild 17.

Daß auch die Simulation des Schleudergießverfahrens grundsätzlich möglich ist, wird in Bild 18 deutlich. Die hier dargestellte Situation zeigt einen Schleuderguß während der Phase des Eingießens von Metall in die Kokille. Während das gerade eingegossene Metall noch sehr heiß ist, zeigt das an der Kokillenwand befindliche Material bereits eine deutliche Abkühlung!

» Auch die Simulation des Schleudergießverfahrens ist grundsätzlich möglich «

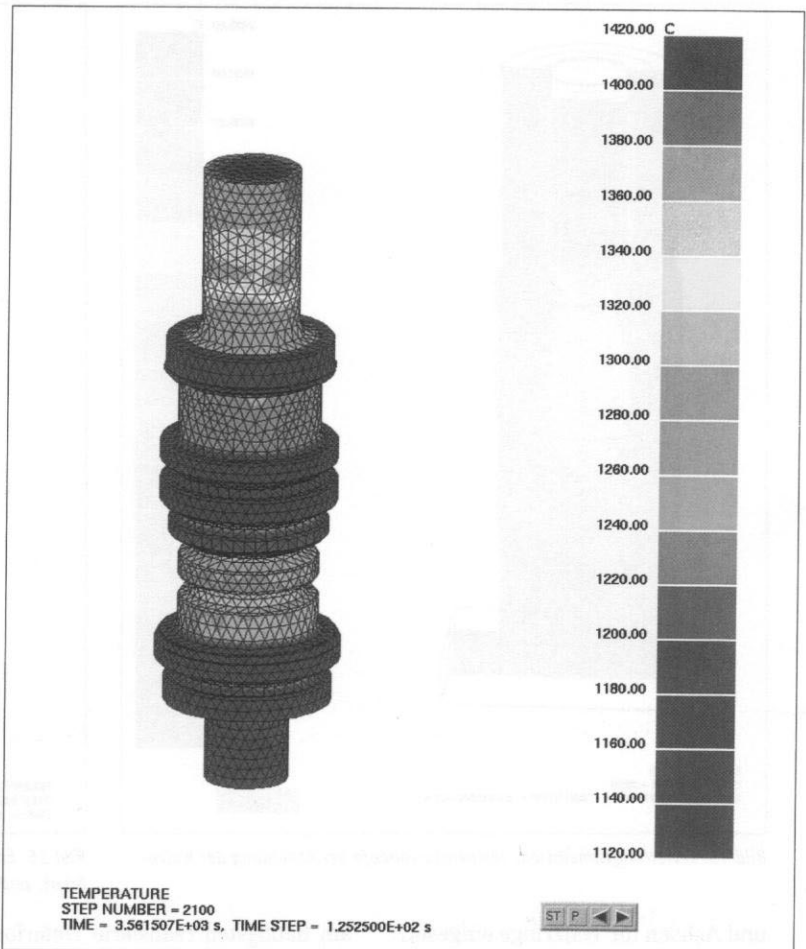


Bild 17. Erstarrungssimulation, Temperaturverläufe bei der Abkühlung, Walze vorkalibriert, andere Bereiche ausgeblendet

In den Bildern 19 bis 21 sind Ergebnisse erster Spannungsberechnungen zu sehen. Die sich während der Abkühlung ausbildenden Spannungen in der Form zeigt Bild 19.

Dabei bedeuten in der Originaldarstellung rote Bereiche Zugspannungen, während blaue Zonen Druckspannungen anzeigen. Auch die Geometrieänderung durch Spannungen

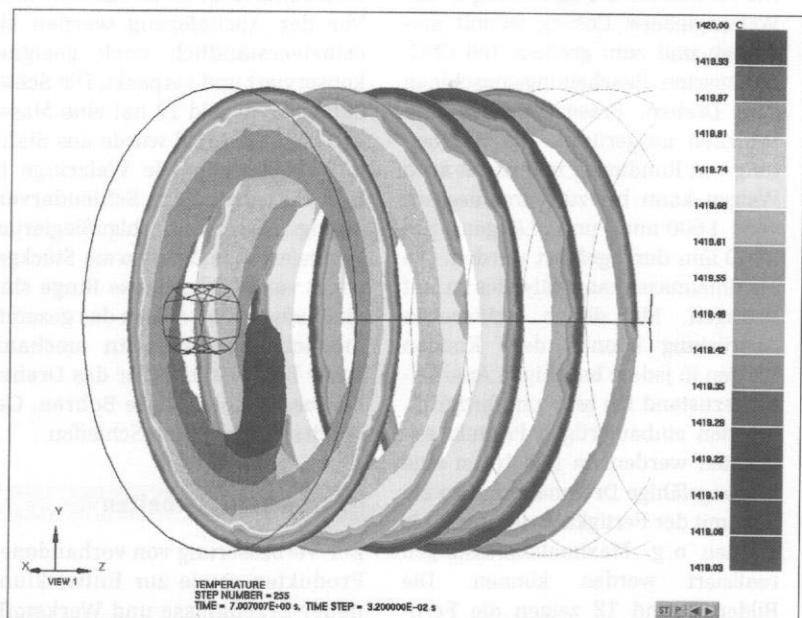


Bild 18. Erstarrungssimulation, Temperaturverläufe beim Schleuderguß während des Gießens

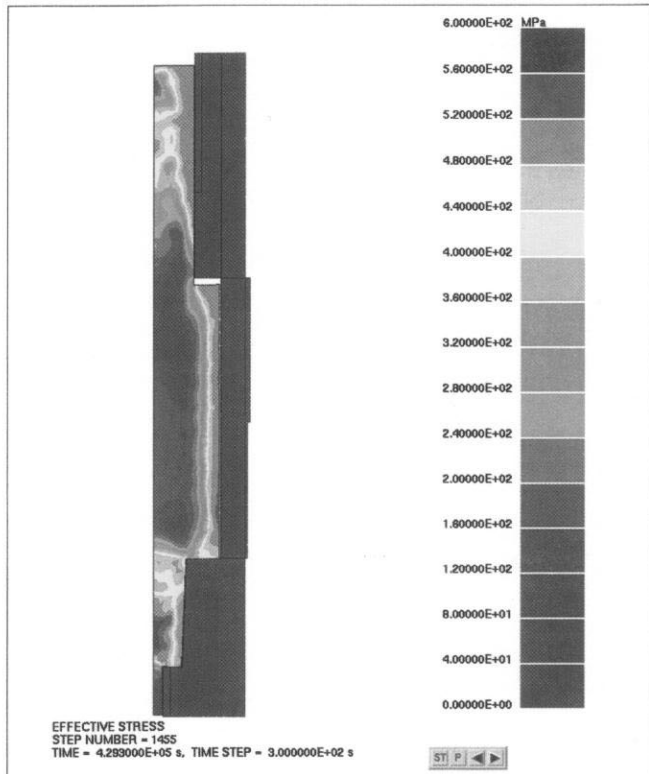


Bild 19. Erstarungssimulation, Spannungsverläufe in der Walze bei der Abkühlung

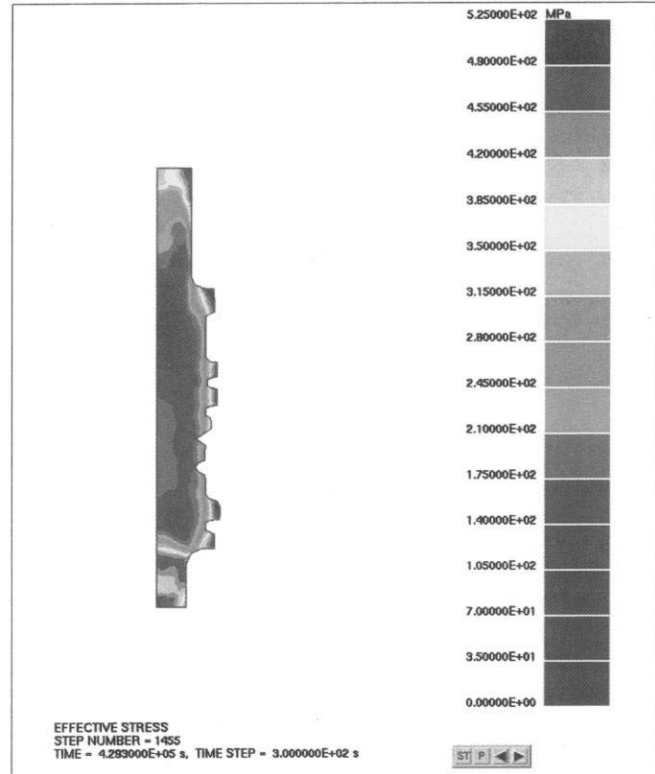


Bild 20. Erstarungssimulation, Spannungsverläufe bei der Abkühlung, spätere Kontur der Walze ausgeschnitten

bei der Erstarrung ist durch die angedeutete Spaltbildung zu erkennen. Diese Berechnungen werden zu späteren Zeitpunkten anhand der Bilder 20 und 21 dargestellt. Auch dort sind die Konturen der fertigen Walze abgebildet, die anderen Bereiche wurden ausgeblendet. Es zeigt sich, daß die zu einem frühen Zeitpunkt (Bild 20) der Abkühlung vorhandenen relativ hohen Zugspannungen im Bereich der Formwand im Verlauf der weiteren Abkühlung abgebaut und in einen unkritischen Bereich geführt werden (Bild 21).

Wenn auch die vorgestellten Beispiele nur erste Ergebnisse bzw. Demonstrationsrechnungen sind, wurde die Eignung des Erstarungssimulationssystems ProCAST® für die Lösung der vorliegenden Fragestellungen unter Beweis gestellt. Das gestellte Ziel einer durchgehenden Simulation der gesamten Produktentstehung, seiner Einsatzcharakteristik und Lebensdauer erscheint durch den Einsatz von ProCAST® greifbar.

Zusammenfassung

Die Walzengießerei als ein relativ kleiner und spezieller Bereich der Gießereiindustrie hat über viele

Jahrzehnte hinweg Produkte und Werkstoffe entwickelt, die auf ihren jeweiligen Einsatzzweck im Walzwerk zugeschnitten sind. Mit der Errichtung immer leistungsfähigerer

Walzstraßen wurden seitens der Walzwerke zunehmend stärkere Anforderungen an Verschleißfestigkeit und Lebensdauer der Umformwerkzeuge gestellt. Die Wal-

zengießereien kamen diesen Forderungen nach und entwickelten leistungsfähige Verfahren und Werkstoffe zur Walzenherstellung. Der erreichte technische Stand dokumentiert sich in hochwertigen Produkten und modernen Produktionsausrüstungen. Mit der ständigen Werkstoffentwicklung müssen Marktpositionen ausgebaut und gesichert werden. Durch die Anwendung solcher Werkzeuge wie die der Erstarrungs- und Spannungs-simulation des Herstellungsprozesses sowie FEM-Berechnungen von Einsatzfällen ist die Entwicklungsrichtung hin zu einer durchgängigen Simulation der gesamten Produktentstehungsphase und Lebensdauer einer Walze im Vorfeld ihrer Herstellung gegeben. Das Ergebnis ist ein hohes Maß an Sicherheit für den Produzenten und vor allem für den Kunden als Anwender des Umformwerkzeuges Profilwalze. ◀

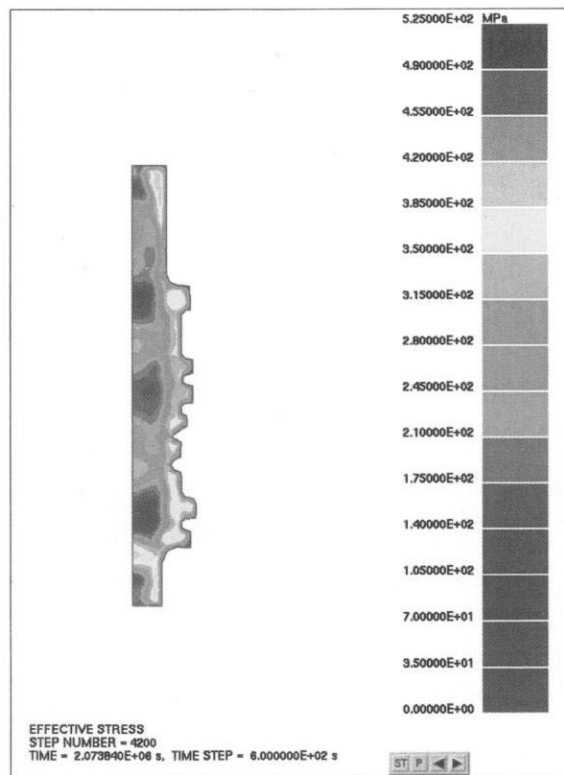


Bild 21. Erstarungssimulation, Spannungsverläufe bei der Abkühlung, späterer Zeitpunkt, Kontur der Walze ausgeschnitten