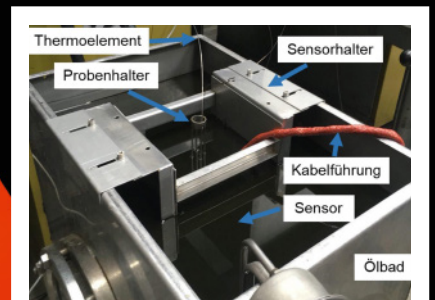




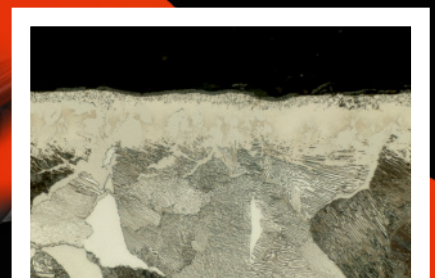
Arbeitsgemeinschaft
Wärmebehandlung + Werkstofftechnik e.V.



Editorial von Winfried Gräfen



Arbeitsblätter Forschung



AWT-Online-Seminar – Nitrieren
und Nitrocarburieren für Praktiker

- A6 Editorial von Winfried Gräfen
- A8 Mitgliedernews
- A15 Arbeitsblatt – Carbonitrieren – Carbo LT
- A20 Arbeitsblatt – Zerstörungsfreie Umwandlungssensortechnik
- A22 AWT-Seminar und Seminarplaner
- A24 Termine
- A25 HK 2021 – Call for papers



Liebe Freundinnen und Freunde, liebe Mitglieder unserer AWT,

Die Corona-Pandemie sorgt weiterhin für eine angespannte Situation in unserer Gesellschaft. Wir können nur hoffen, dass die Regeln von allen befolgt werden und die tägliche Anzahl der Neuinfektionen wieder zurückgeht.

Am 20. Oktober hat unsere Mitgliederversammlung im Online-Format stattgefunden. Sowohl die Technik als auch die Abarbeitung der Tagesordnung haben optimal funktioniert. Selbst die angesetzten 19 Abstimmungen konnten problemlos durchgeführt werden. Ich möchte mich an dieser Stelle nochmals herzlich für die aufwendige und intensive Arbeit bedanken, die unsere Geschäftsstelle in Bremen mit der Organisation und Herr Martin Kramer von der Firma KMU Digitalisierung mit der Technik erbracht haben, um diesen reibungslosen Ablauf zu ermöglichen. Mit 63 Teilnehmern war unsere Mitgliederversammlung nur geringfügig schlechter „besucht“ als in den Kölner Messehallen. In diesem Jahr hat die AWT auf die Ehrungen von verdienten Mitgliedern verzichtet. Wir hoffen alle, dass wir diese im nächsten Jahr in Köln nachholen werden, wenn wir uns dann wieder in einer Präsenzveranstaltung treffen dürfen. Um auch in der Zukunft die Möglichkeit einer Mitgliederversammlung im Online Format wählen zu können, wurde die Satzung der AWT entsprechend angepasst und von unseren Mitgliedern bestätigt. In diesem Jahr diente als Grundlage für die Durchführung ein von der Bundesregierung erlassenes Gesetz.

Auch der Kongress wurde am 21. und 22. Oktober im Online-Format geplant und ausgeführt. Erfreulicherweise hatten sich insgesamt 180 Teilnehmer für beide Tage angemeldet. Unter der hervorragenden Leitung der Professoren Olaf Keßler von der Universität Rostock, Peter Krug von der Technischen Hochschule in Köln und Hansjürg Stiele von der Hochschule Albstadt-Sigmaringen verlief der wissenschaftliche Kongress am ersten Tag mit insgesamt 15 Vorträgen ausgesprochen lebhaft. Als Schwerpunktthemen hatte das Programmkomitee die Bereiche „Neue Werkstoffe und Werkstoffentwicklungen, Wärmebehandlungsverfahren und Prozessketten“ ausgewählt. Die Diskussionsbeteiligungen nach den Beiträgen waren erfreulicherweise zahlreicher und intensiver als in Köln. Den wissenschaftlichen Kongress haben in der Spitze 145 Teilnehmer besucht.

Am zweiten Tag fand der Kongress für Praktiker unter der exzellenten Führung der Herren Dr. Jörg Kleff von der ZF Friedrichshafen AG und Dr. Klaus Löser von der ALD Vacuum Technologies GmbH statt. Mit insgesamt 12 Vorträgen wurden die 4 Themenfelder „Wärmebehandlung, Anlagentechnik, Messtechnik und Prozessüberwachung“ behandelt. Auch an diesem Tag konnten wir beobachten, dass sich die 95 Teilnehmer in den Diskussionen aktiv und interessiert eingebracht haben.

Wir als AWT haben in den drei Tagen der Mitgliederversammlung und des Härtereikongresses eine Menge neuer Erfahrungen und Eindrücke gesammelt und wir konnten mitnehmen, dass wir die Möglichkeiten besitzen, um ein Online-Format zu planen und erfolgreich zu realisieren. Wir wünschen uns natürlich alle, dass der Kongress im nächsten Jahr vom 26. bis zum 28. Oktober wieder in Köln ausgetragen werden kann.

IMPRESSUM

Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung + Werkstofftechnik e. V. (AWT)

Paul-Feller-Straße 1, 28199 Bremen, Tel. +49 421 5229-339, Fax +49 421 5229-041, info@awt-online.org, www.awt-online.org | V. i. S. d. P.: Sonja Müller
Gestaltung: agenturinturm | Bildnachweis: AWT e. V., Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien, Dr. Till Schneiders, Prof. Volker Schulze, Timm Grotheer, Dr. Marian Skalecki | Titel: simfo – iStockphoto.com

Wie ich in der letzten AWT-Info ausgeführt habe, ruhen seit März dieses Jahres die Aktivitäten in unseren Härterekreisen wegen der Corona-Krise. Erfreulicherweise planen unsere Kollegen in Friedrichshafen und Stuttgart, die ersten Vortragsveranstaltungen im November bzw. im Dezember im Online-Format durchzuführen. Nach den Ende Oktober von der Bundesregierung verordneten Regeln für den Monat November mussten die Härterekreise in Tuttlingen und Hannover die für November vorgesehenen Vortragsabende wieder absagen. Ich wünsche unseren Härterekreisleitern in Stuttgart und Friedrichshafen gelungene und erfolgreiche Abende.

Der Vorstand unserer AWT setzt nun die Arbeiten des am 30. Juli beendeten Online-Workshops unter eigener Regie fort. In einer ersten Online-Sitzung haben die Mitglieder drei Gruppen benannt, die sich mit den Themen „Wachstumsorientierung (Finanzen, Produkte und Kunden), Technologieorientierung (Produkte, Kunden und Prozesse) und Effizienzoptimierung (Prozesse und Mitarbeiter)“ auseinandersetzen werden. Im November werden die ersten Treffen im Online Format angesetzt und die Arbeitsgruppen werden sich ihren spannenden und richtungsweisenden Aufgaben widmen. Im Rahmen dieses Prozesses wurde auf der Mitgliederversammlung beschlossen, zusammen mit der DGM einen neuen Fachausschuss, der sich mit dem Komplex „Stahl – Herstellung und Verarbeitung“ auseinandersetzen wird, zu gründen. Ich werde Sie regelmäßig über die Fortschritte unserer Strategieentwicklung informieren.

Ich wünsche Ihnen und Ihren Angehörigen ein gesegnetes Weihnachtsfest, hoffentlich im Kreise der ganzen Familie, und einen guten Start ins Jahr 2021.

Mit einem herzlichen Glückauf!
Ihr



Dr. Winfried Gräfen
Vorsitzender der AWT

Mitglieder-News

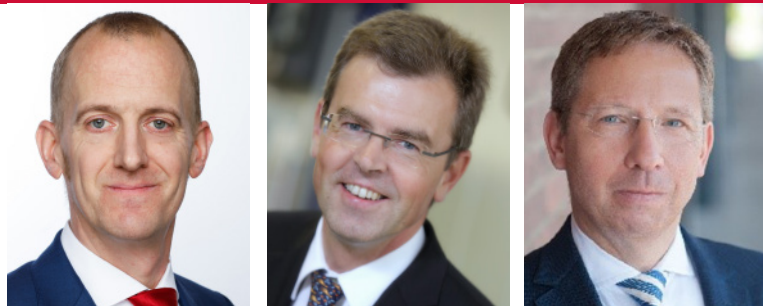
HTM ab 2021 beim De Gruyter Verlag

Die Abonnenten der HTM werden in diesen Tagen über einen Wechsel bei der HTM informiert: Nach jahrzehntelanger guter Kooperation zwischen Herausgebern und der AWT gibt der Carl Hanser Verlag die Verlagsrechte an der HTM zum Januar 2021 an den Gruyter Verlag weiter. Der Grund hierfür ist, dass der De Gruyter Verlag eine optimierte Infrastruktur für die zukünftige digitale Entwicklung der wissenschaftlich-technischen Zeitschriften bietet. Der international agierende Fachbuchverlag De Gruyter Verlag mit seinem deutschen Sitz in Berlin ist auf die Herausgabe von Fachzeitschriften spezialisiert und bietet unterschiedliche Open-Access-Plattformen an. Für die Leser der HTM wird sich nichts ändern. Die HTM wird weiterhin zweisprachig als Printversion wie auch in elektronischer Form erscheinen und neben den wissenschaftlichen Artikeln werden auch die AWT-Info und die HTM-Praxis Bestandteil der Zeitschrift bleiben. Auch der Rabatt für AWT-Mitglieder bleibt erhalten.

Die AWT, die Herausgeber und die Redaktion der HTM bedanken sich an dieser Stelle für die jahrzehntelange vertrauensvolle Zusammenarbeit mit dem Team vom Carl Hanser Verlag, stellvertretend sei an dieser Stelle Herr Beisler als Geschäftsführer der wissenschaftlichen Zeitschriften beim Verlag genannt, der über viele Jahre mit viel Engagement die Anliegen der Redaktion unterstützt und die Weiterentwicklung der HTM als wissenschaftliche Zeitschrift vorangetrieben hat.

Geburtstagsgrüße

Der Leiter des Härterekreises Chemnitz und Träger der AWT-Ehrendadel **Herr Ulrich Thieme** wird am 19. Dezember **80 Jahre** alt. Die AWT sendet einen herzlichen Glückwunsch!



v.l.n.r.: Neu im AWT-Vorstand: Dr.-Ing. Till Schneiders und Prof. Dr.-Ing. Volker Schulze; Neu im Verwaltungsrat: Timm Grotheer

AWT-Mitgliederversammlung 2020 – Neue Mitglieder in Vorstand und Verwaltungsrat

Am 20. Oktober hat die erste Mitgliederversammlung der AWT im Digitalformat stattgefunden. Neben dem Beschluss über eine Neufassung der Satzung haben die Mitglieder auch über die Gründung eines neuen Fachausschusses „Stahl“ in Kooperation mit der DGM (s. Editorial von Winfried Gräfen) entschieden. Des Weiteren standen turnusgemäß Wahlen zum Vorstand und Verwaltungsrat an. Ab dem Jahr 2021 verstärken Herr Dr.-Ing. Till Schneiders von den Deutschen Edelstahlwerken und Herr Prof. Dr.-Ing. Volker Schulze vom KIT in Karlsruhe den Vorstand der AWT. Die Herren Prof. Peter Krug, Prof. Hansjürg Stiele und Marco Jost werden ihre Arbeit im Vorstand beenden. Herr Timm Grotheer von der Firma Nabertherm wurde als neues Mitglied in den Verwaltungsrat gewählt. Die Kassenprüfer der AWT Herr Carsten Erasmi von der Härterei Tandler und Dr. Markus Karlsruhn von der Härterei Carl Gommann wurden als Kassenprüfer für die Jahre 2021 und 2022 bestätigt. Auf die Ehrungen verdienter AWT-Mitglieder wurde in diesem Jahr aufgrund des Online-Formates verzichtet.

Neue Leitung des Fachausschusses 12 „Härteprüfung“

Auf seiner Sitzung am 8./9. September 2020 hat der FA 12 „Härteprüfung“ Herrn Dr. Beer von der Firma Präzisionskugeln Eltmann (UMBRA Group) zum neuen Obmann des Fachausschusses gewählt. Herr Dieter Schwenk, der langjährige Leiter des Fachausschusses, geht in den wohlverdienten Ruhestand. Wir danken Herrn Schwenk an dieser Stelle für sein außerordentliches, ehrenamtliches Engagement!

Wir begrüßen unsere neuen Mitglieder

Personen

Thomas Hetzenauer
Džo Mikulović

Schaeffler Innovation Award der Schaeffler FAG Stiftung

für Bremer Nachwuchswissenschaftler

Insgesamt wurden acht Arbeiten im Bereich Promotion sowie Bachelor- und Masterarbeiten prämiert. Der erste Preis der Stiftung geht in diesem Jahr an den Bremer Nachwuchswissenschaftler Dr.-Ing. Marian Skalecki, der in seiner Arbeit ein Berechnungs- und Regelungsmodell für das Carbonitrieren entwickelt hat. Mit dem Modell kann anhand der Stahllegierung und des Wärmebehandlungsprozesses berechnet werden, inwiefern sich der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt des Stahls ändern und ob Carbide oder Nitride gebildet werden. Hiermit können die Festigkeitseigenschaften von Zahnrad- und Wälzlagerstählen entscheidend verbessert werden. Das Berechnungsmodell wurde mit einer neu entwickelten Atmosphärenregelung kombiniert, durch die die Gaszusammensetzung im Ofen hinsichtlich der Partialdrücke von Kohlenmonoxid und Ammoniak eingestellt werden kann. Durch die geregelten thermochemischen Reaktionen mit dem Stahl können schließlich die gewünschten Eigenschaften reproduzierbar eingestellt werden. Herr Skalecki war bis November 2019 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Wärmebehandlung des Leibniz-IWT und leitet inzwischen die Abteilung Konstruktion von Retortenöfen der Firma Nabertherm in Lilienthal bei Bremen.



Dr.-Ing. Marian Skalecki,
1. Preisträger des
Schaeffler Innovation Awards

Forschungszulage für Unternehmen

Seit dem 1. Januar 2020 ist das „Gesetz zur steuerlichen Forschungsförderung“ in Kraft. Förderfähig sind Vorhaben im Bereich der Grundlagenforschung, der industriellen Forschung und der experimentellen Entwicklung. Die Zulage kann von allen in Deutschland steuerpflichtigen Unternehmen beim Finanzamt beantragt werden. Die Höhe der Förderung ist auf 2 Mio. Euro pro Jahr begrenzt. Die Förderung kann in drei möglichen Varianten in Anspruch genommen werden:

1. Eigenbetriebliche Forschung.

Die Förderung setzt bei den FuE-Personalausgaben an (Bruttolohn ergänzt um die vom Arbeitgeber zu tragenden Sozialversicherungsbeiträge für das FuE-Personal). Der Fördersatz beträgt 25 % der förderfähigen Kosten; die Bemessungsgrundlage ist auf 2 Mio. Euro pro Unternehmen/Konzern und Jahr begrenzt, sodass die maximale Fördersumme pro Unternehmen 500.000 Euro pro Jahr beträgt.

2. Auftragsforschung.

Unternehmen können auch dann die staatliche Förderung erhalten, wenn sie Forschungsaufträge an Dritte vergeben. Die förderfähigen Aufwendungen liegen für die Auftragsforschung bei 60 % des vom Auftraggeber an den Auftragnehmer gezahlten Entgelts und können nur vom Auftraggeber geltend gemacht werden.

3. Eigenleistungen eines Einzelunternehmers.

Zu den förderfähigen Aufwendungen zählen auch Eigenleistungen eines Einzelunternehmers in einem begünstigten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, beispielsweise wenn der Inhaber eines Ein-Personen-Betriebs selbst Forschung und Entwicklung betreibt. Je nachgewiesener Arbeitsstunde kann der Einzelunternehmer 40 Euro je Arbeitsstunde bei insgesamt maximal 40 Arbeitsstunden pro Woche als förderfähige Aufwendungen ansetzen.

Mehr Informationen zum Förderprogramm finden Sie auf der Webseite des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (www.bmwi.de).

Arbeitsblatt

Carbonitrieren im Temperaturbereich unter 800 °C – Carbo LT

AiF-Nr.: 19876 N

Obmann: K. M. Winter

Forschungsstelle: Leibniz-Institut

für Werkstofforientierte Technologien IWT

Projektleiter: Heinrich Klümper-Westkamp

Sachbearbeiter: Tarik Boyraz, Marian Skalecki

Forschungsvereinigung: AWT e. V.

Projektbegleitender Fachausschuss: FA 20

Zielsetzung und Lösungsweg

Ziel des Vorhabens war die Erarbeitung notwendiger Werkstoffdaten gängiger Einsatzstähle beziehungsweise unlegierter Stähle für eine gezielte Einstellung carbonitrierter Randschichten durch Behandlungstemperaturen unterhalb 800 °C. Die Erforschung eines neuen Prozessfensters für Carbonitrierverfahren bei niedrigeren Temperaturen sollte zum einen auf Basis der neuesten thermodynamischen und kinetischen Datenbanken berechnet werden. Zum anderen sollten experimentelle Untersuchungen erfolgen, um die entsprechenden thermodynamischen Berechnungen zu verifizieren. Dabei können Messgrößen wie beispielsweise die Dicke und Härte der umgewandelten Randzone sowie deren Zusammensetzung hinsichtlich Kohlenstoff- und Stickstoffprofil erfasst werden. Um eine praxisnahe Aussage über die Eigenschaften der behandelten Randschichten zu gewährleisten, sollten Standardwerkstoffe in einer industrienahen Anlage carbonitriert und anschließend untersucht werden.

Carbonitrierversuche wurden im Temperaturbereich von 650 – 725 °C in einer Laboranlage (Thermowaage) durchgeführt, um diese Fragen zu beantworten. Die Anlage besteht aus einer Rohretorte mit Begasungsmöglichkeit für Prozessgase. Das Volumen der Behandlungskammer beträgt 0,0008 m³. Das neue Niedertemperaturverfahren bietet insbesondere für kleine, dünnwandige Teile, zum Beispiel Feinwerkteile, Hülsen und sonstige Tiefziehteile Potentiale, weshalb als Werkstoff mit dem 16MnCrB5 ein niedriglegierter, günstiger klassischer Einsatzstahl ausgewählt wurde. Die verwendeten 16MnCrB5 Untersuchungsproben haben eine zylindrische Form mit einem Durchmesser von 2 cm und einer Höhe von 0,5 cm. Die 16MnCrB5-Proben wurden hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung gemäß Tabelle 1 mittels OES bestimmt.

Werkstoff	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
16MnCrB5	0,179	0,175	1,173	1,066	0,031	0,153

Tabelle 1: Spektroskopische Analyse der Zusammensetzung des verwendeten Werkstoffs 16MnCrB5 in Masse%

Die Proben werden hängend im Rohr chargiert. Der Zufluss der Prozessgase erfolgt von oben mit pumpenunterstütztem Fluss nach unten. Der Druck wird konstant auf 1050 mbar geregelt. Die Heizung erfolgt von außen mit Heizelementen. Zum Abschrecken muss die ganze Retorte heruntergekühlt werden. Zur Unterstützung der Abschreckung kann die Retorte von außen mit Druckluft gekühlt und von innen mit Stickstoff bis 5 bar gespült werden. Die Abschreckwirkung ist begrenzt und abhängig von der Härbarkeit der untersuchten Werkstoffe teilweise nicht ausreichend, so dass im weiteren Verlauf ein Wiedererwärmen (Salzbad) und weiteres Härten durchgeführt werden musste.

Die Begasung erfolgt mit einem vorgemischten Endogas in Flaschen, dass auf einen Kohlenstoffpegel (CP) von 0,4 % bei 750 °C ausgelegt wurde. Es besteht aus einer Mischung von 17 % CO, 46 % H₂, 6,8 % CO₂, 0,1 % H₂O und 30,1 % N₂. Die Mischung reagiert bei 750 °C zu 20,4 % CO und 0,03 % CO₂ im Boudouard Gleichgewicht, was einem CP = 0,4 % entspricht. Hinzudosiert wird Ammoniak mit Volumenströmen von 6–12 ml/min. Basierend auf dem Stand der Technik und eigenen Vorversuchen wurde bei der Planung des Vorhabens der in Tabelle 2 dargestellte Versuchsplan formuliert.

T = 650 °C NH ₃ = 6 ml/min	T = 650 °C NH ₃ = 8 ml/min	T = 650 °C NH ₃ = 10 ml/min	T = 650 °C NH ₃ = 12 ml/min
T = 675 °C NH ₃ = 6 ml/min	T = 675 °C NH ₃ = 8 ml/min	T = 675 °C NH ₃ = 10 ml/min	T = 675 °C NH ₃ = 12 ml/min
T = 700 °C NH ₃ = 6 ml/min	T = 700 °C NH ₃ = 8 ml/min	T = 700 °C NH ₃ = 10 ml/min	T = 700 °C NH ₃ = 12 ml/min
T = 725 °C NH ₃ = 6 ml/min	T = 725 °C NH ₃ = 8 ml/min	T = 725 °C NH ₃ = 10 ml/min	T = 725 °C NH ₃ = 12 ml/min

Tabelle 2: Versuchsplan der Hauptversuche in der Thermowaage, Werkstoff 16MnCrB5, Behandlungsdauer 4h

Diese dienen der Berechnung der auftretenden Phasen, Phasenlagen und Löslichkeiten sowohl in Abhängigkeit der Temperatur als auch der Legierungszusammensetzung. Zusätzlich wurden zwei verschiedene Programme verwendet, um eine Carbonitriersimulation durchzuführen. Damit werden das sich ergebende Kohlenstoff- und Stickstoffprofil im Rand berechnet. Die Simulationsergebnisse wurden mit den experimentellen Charakterisierungsergebnissen verglichen. Die erste Software ist das kommerziell erhältliche DICTRA. Die zweite Software wurde am Leibniz IWT Bremen entwickelt.

Ergebnisse

Nach dem Carbonitrieren (bei angegebenen Parametern in Tabelle 2) wurden alle 16MnCrB5-Proben im Salzbad auf die ursprüngliche Carbonitriertemperatur wiedererwärmt und dann im Wasser abgeschreckt. Ziel war es, die Abkühlgeschwindigkeit zu erhöhen, um die gewünschte martensitische Randschicht einzustellen. Tabelle 3a bis 3d sowie Abbildung 1 bis 8 zeigen die Ergebnisse nach Wiedererwärmen im Salzbad und Wasserabschreckung.

Tabelle 3a zeigt, dass die Temperatur von 650 °C nicht ausreicht, um Martensit zu bilden. Bei 0,4 Ma.-% N wandelt sich die Randschicht noch nicht austenitisch um. Daher kann beim Abschrecken auch kein martensitisches Gefüge entstehen.

Mit niedriger Ammoniakzugabe von 6 ml/min kommt es ventilbedingt nur zu einer geringen Stickstoffaufnahme (Abbildung 1). Es sind zwar feine Nitridausscheidungen im Ferrit zu erkennen, ansonsten ist die Randschicht ferritisch-perlitisch wie auch der Grundwerkstoff. Unterhalb der Randschicht liegt ein Stickstoffgehalt von rund 0,5 % vor. Die Lösung von Kohlenstoff und Stickstoff sowie die Ausscheidungsbildung führen zu einem leichten Härteanstieg in den erwähnten drei Varianten mit höherer Ammoniakzugabe (Abbildung 2). Da bei 650 °C keine austenitische Umwandlung stattgefunden hat, sind die Stickstoffgehalte unterhalb der Randschicht in erster Linie auf stickstoffhaltige Ausscheidungen zurückzuführen (stickstoffhaltige Lamellen im Perlit). Durch die Anwesenheit von Stickstoff und die Bildung von Chromnitriden wird Kohlenstoff teilweise weiter in die Tiefe verdrängt. Der Grund dafür ist das Aktivitätsgefälle des Kohlenstoffs. Bei der Lösung von Stickstoff und dem Abbinden von Chrom wird die Kohlenstoffaktivität lokal erhöht, sodass eine Diffusionstriebkraft entsteht.

Ab 675 °C aufwärts können alle Proben mit höherem N-Gehalt (8–12 ml/min) gehärtet werden, da hier eine austenitische Umwandlung stattfindet. Dieses austenitische Gefüge wandelt sich beim Abschrecken in Martensit um, siehe Tabelle 2 bis 4.

Das Phasengebiet γ -Ausscheidungen wird erreicht. Der Kern bleibt ferritisch-perlitisch. Die Erhöhung der Prozesstemperatur erhöht die Kohlenstoff- und Stickstoffdiffusion in den Rand (Abbildung 1, 3, 5 und 7) und erhöht dementsprechend die Randhärte (Abbildung 2, 4, 6 und 8).

Mit höheren Ammoniakzugaben (drei Varianten: 8–12 ml/min) steigt der Stickstoffgehalt in der Randschicht (Abbildung 1, 3, 5 und 7). Die drei Varianten sind vergleichbar und unterscheiden sich nur leicht hinsichtlich der Dicke der Randschicht. Das Abschrecken nach dem Carbonitrieren bei niedriger Temperatur führt zu einer kohlenstoff- und stickstoffreichen Randschicht mit martensitischen Anteilen und einem nicht umgewandelten ferritischen Kern mit hoher Zähigkeit sowie geringem Bauteilverzug aufgrund der unterdrückten Umwandlung und niedrigen Härtetemperatur.

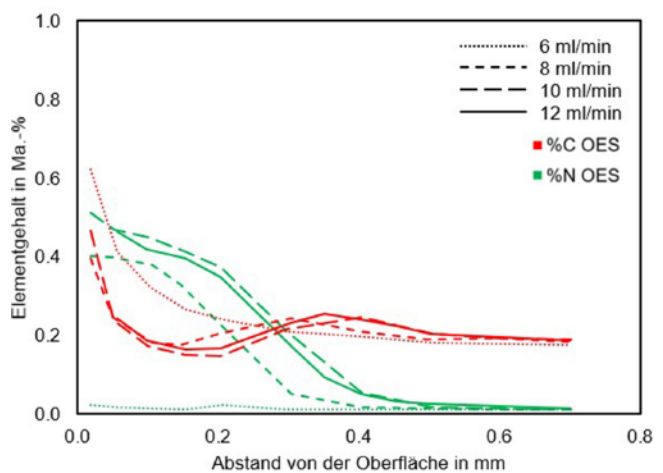


Abbildung 1: Kohlenstoff- und Stickstofftiefenprofile, 16MnCrB5, 650 °C, NH₃ = variabel

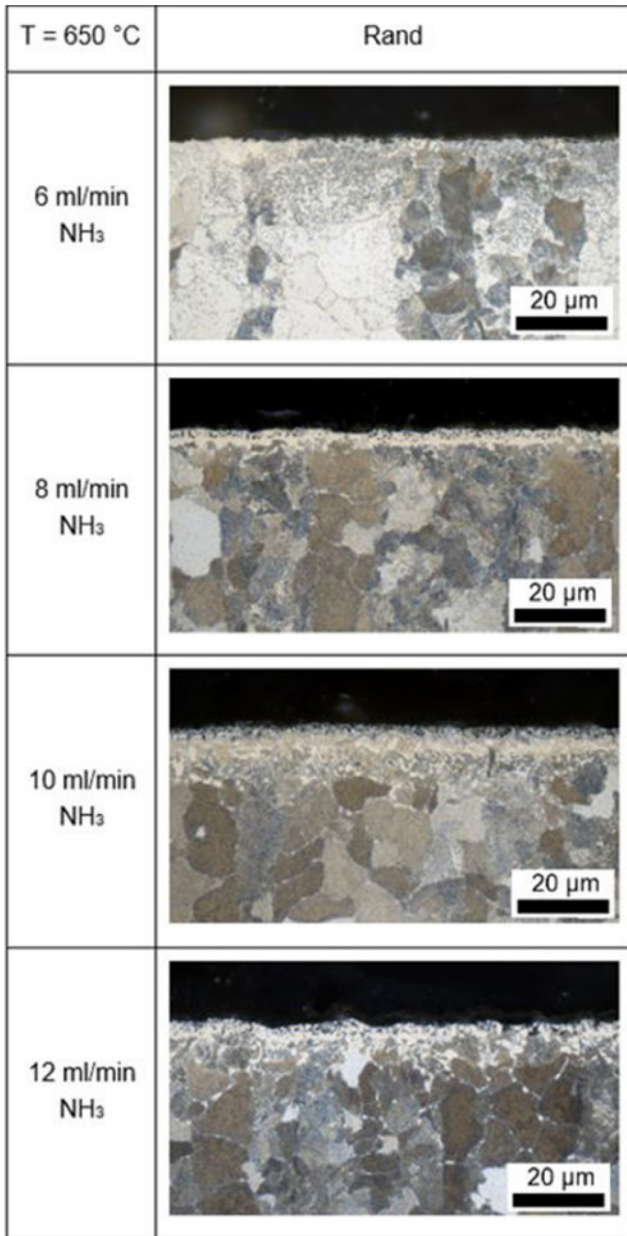


Tabelle 3a: Gefügeaufnahmen der Randschichten des 16MnCrB5 nach dem Carbonitrieren bei 650 °C und der zusätzlichen Wasserabschreckung.

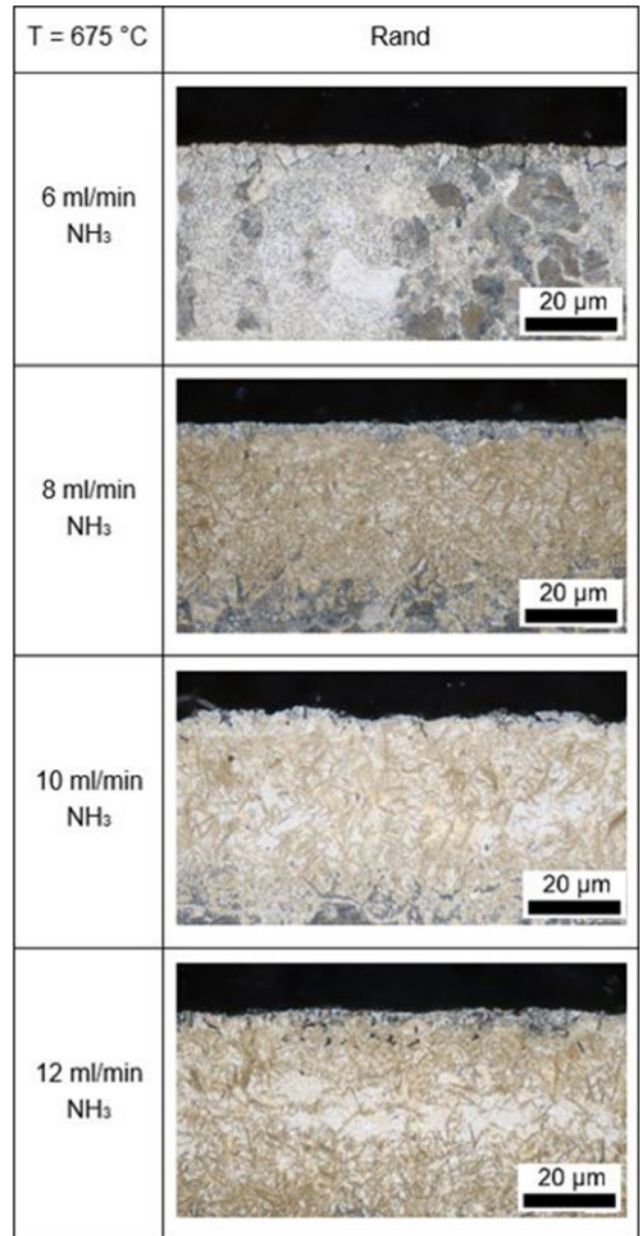


Tabelle 3b: Gefügeaufnahmen der Randschichten des 16MnCrB5 nach dem Carbonitrieren bei 675 °C und der zusätzlichen Wasserabschreckung.

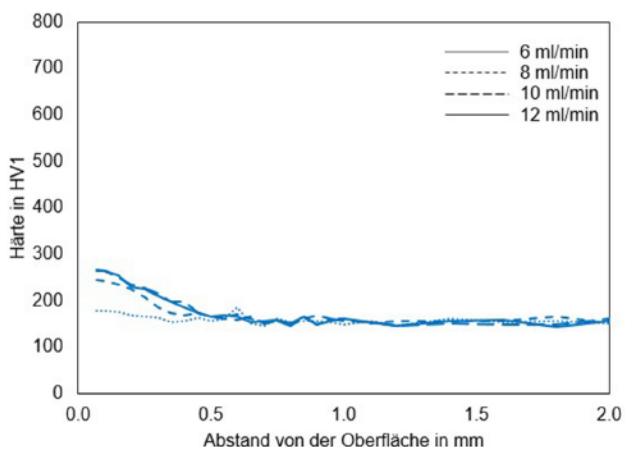


Abbildung 2: Härteverlauf, 16MnCrB5, 650 °C, NH₃ = variabel, Wasserabschreckung

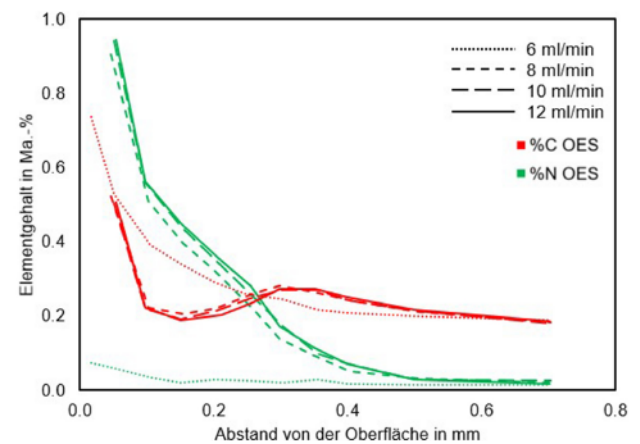


Abbildung 3: Kohlenstoff- und Stickstofftiefenprofile, 16MnCrB5, 675 °C, NH₃ = variabel

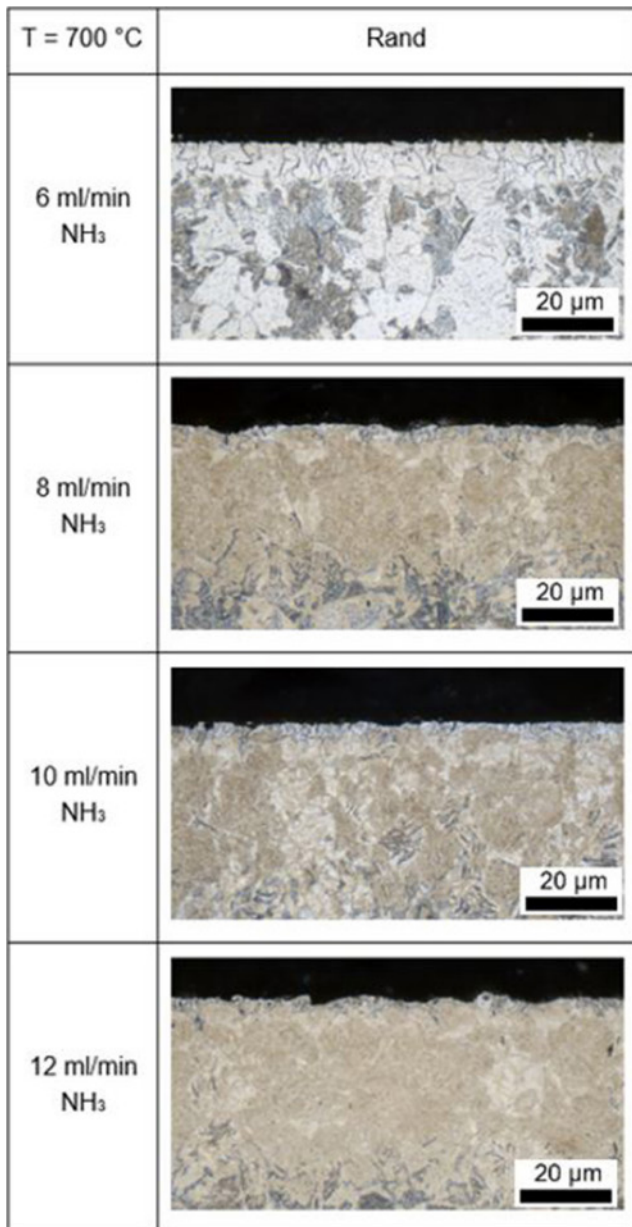


Tabelle 3c: Gefügeaufnahmen der Randschichten des 16MnCrB5 nach dem Carbonitrieren bei 700 °C und der zusätzlichen Wasserabschreckung.

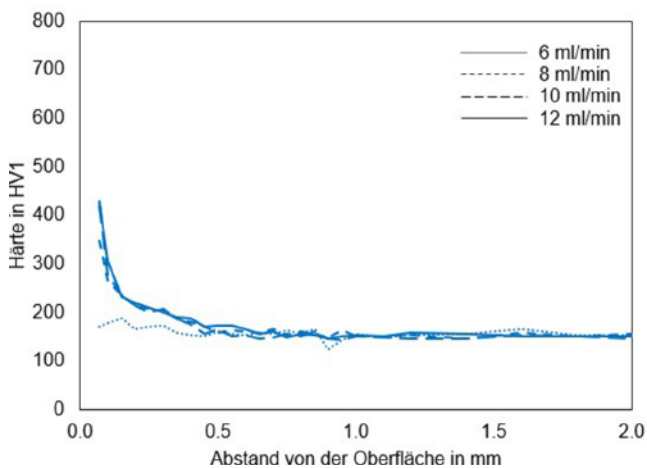


Abbildung 4: Härteverlauf, 16MnCrB5, 675 °C, NH₃ = variabel, Wasserabschreckung.

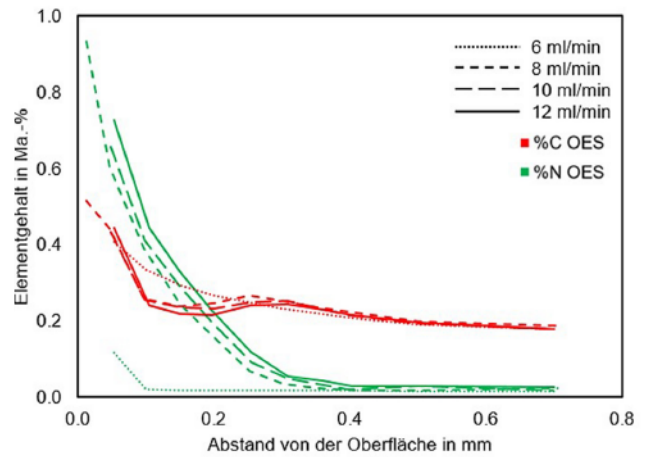


Abbildung 5: Kohlenstoff- und Stickstofftiefenprofile, 16MnCrB5, 700 °C, NH₃ = variabel

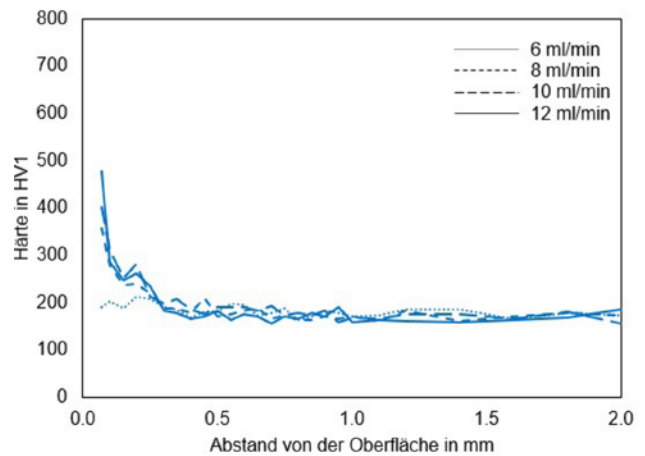


Abbildung 6: Härteverlauf, 16MnCrB5, 700 °C, NH₃ = variabel, Wasserabschreckung

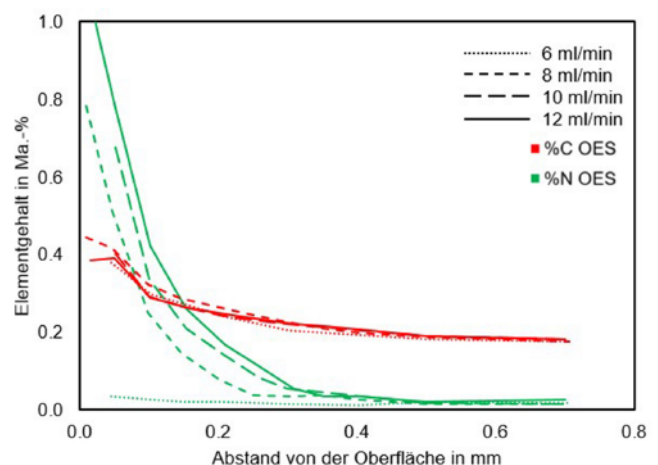


Abbildung 7: Kohlenstoff- und Stickstofftiefenprofile, 16MnCrB5, 725 °C, NH₃ = variabel.

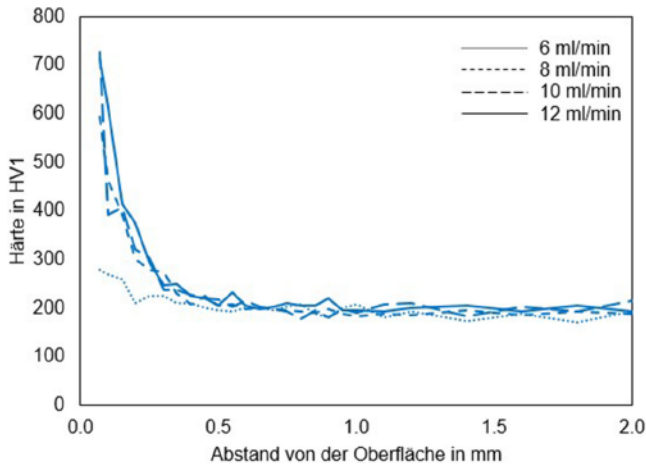


Abbildung 8: Härteverlauf, 16MnCrB5, 725 °C, NH₃ = variabel, Wasserabschreckung

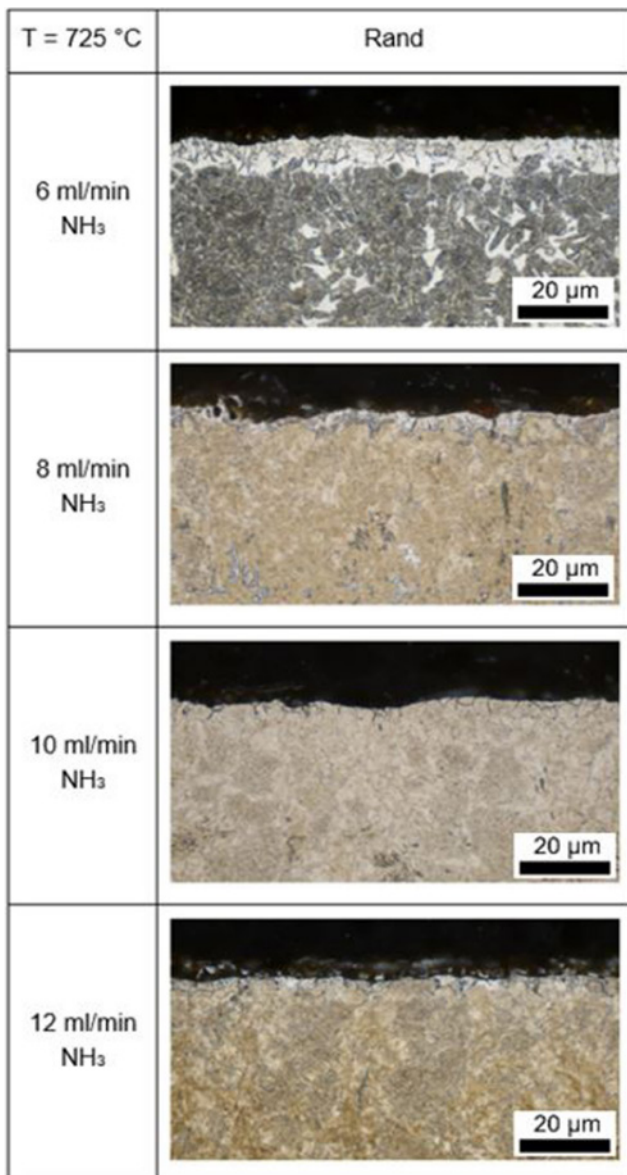


Tabelle 3d: Gefügeaufnahmen der Randschichten des 16MnCrB5 nach Carbonitrieren bei 725 °C und der zusätzlichen Wasserabschreckung

Zur Beschreibung der Mechanismen des Niedertemperaturcarbonitrierens wurden ergänzende thermodynamische Berechnungen mit der Software Thermocalc durchgeführt. Diese dienen der Berechnung der auftretenden Phasen, Phasenlagen und Löslichkeiten sowohl in Abhängigkeit der Temperatur als auch der Legierungszusammensetzung.

In Abbildung 9 bis Abbildung 12 sind die isothermen Schnitte bei den Temperaturen 650 °C, 675 °C, 700 °C und 725 °C für den 16MnCrB5 mit den jeweiligen Randgehalten eingetragen. Bei 650 °C ist erkennbar, dass, wie auch in Tabelle 3a zu sehen, keine Härtung möglich ist, da keine austenitische Randschicht vorgelegen hat. Zudem wurde durch eine Zugabe ≤ 6 ml/min NH₃ ventilbedingt kein ausreichender Stickstoffgehalt in größerer Tiefe erreicht, weshalb auch hier keine vollständige Härtung möglich war. Lediglich ein Mischgefüge aus Martensit und Ferrit konnte zum Teil beobachtet werden. Die übrigen Versuche liegen im angestrebten Bereich (γ +A) und weisen nach der Wasserabschreckung eine martensitische Randschicht auf (Tabelle 3b–d).

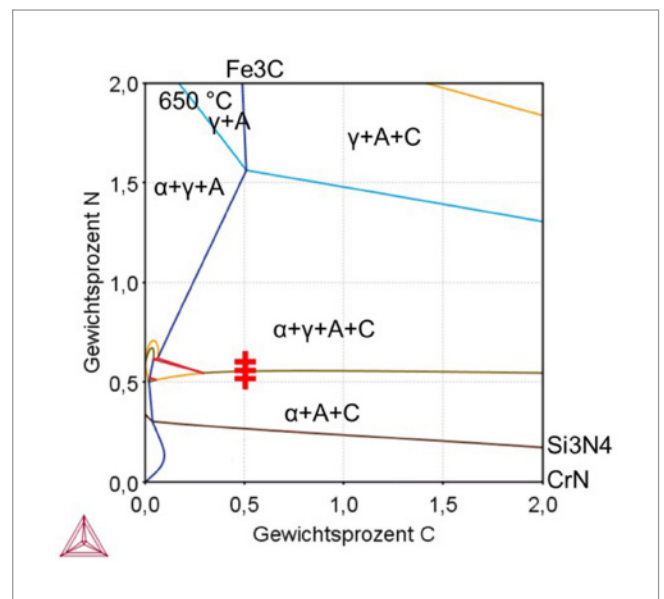


Abbildung 9: Isothermer Schnitt 16MnCrB5, 650 °C, Versuche mit 6–12 ml/min NH₃, Kohlenstoffpegel 0,4 %

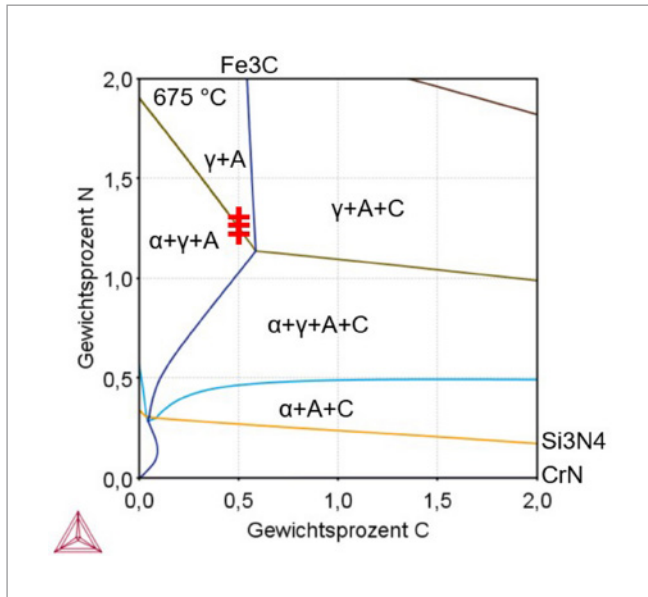


Abbildung 10: Isothermer Schnitt 16MnCrB5, 675 °C, Versuche mit 6–12 ml/min NH3, Kohlenstoffpegel 0,4 %

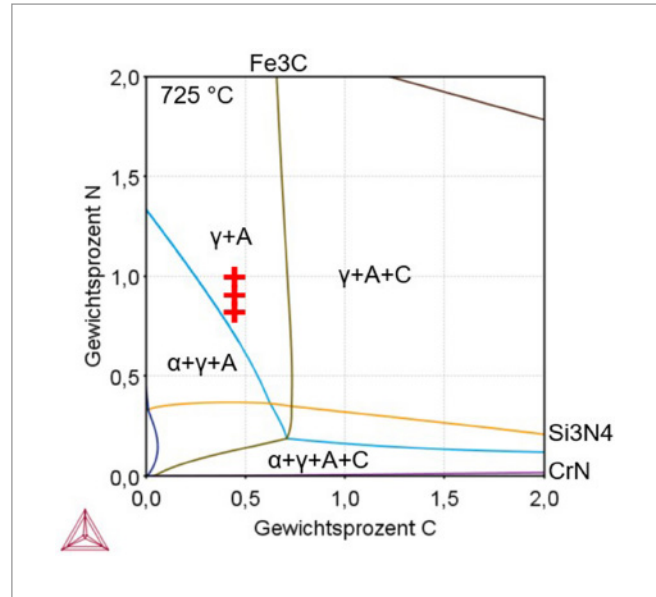


Abbildung 12: Isothermer Schnitt 16MnCrB5, 725 °C, Versuche mit 6–12 ml/min NH3, Kohlenstoffpegel 0,4 %

Zusätzlich zu diesen Simulationen wurden zwei verschiedene Softwareprogramme verwendet, um numerische Carbonitrier-simulationen durchzuführen. Damit sollen das sich ergebende Kohlenstoff- und Stickstoffprofil am Rand berechnet werden. Die Simulationsergebnisse wurden mit den experimentellen Charakterisierungsergebnissen verglichen.

Die erste Software ist das kommerziell erhältliche DICTRA. Die zweite Software wurde am Leibniz IWT Bremen entwickelt und berücksichtigt zusätzlich die Ausscheidungsbildung. Die folgende Carbonitriersimulation mit DICTRA erfolgte für 800 °C 8h, einem konstanten Kohlenstoffpegel von 0,6 % und einem konstanten Stickstoffpegel von 1 % für Armco. Die DICTRA Simulationsergebnisse stimmen beim unlegierten Armco gut mit den experimentellen Behandlungsergebnissen überein (Abbildung 13).

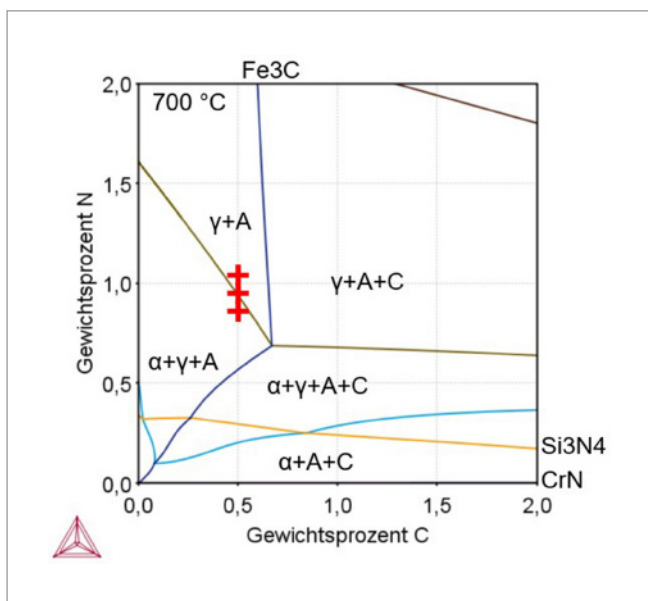


Abbildung 11: Isothermer Schnitt 16MnCrB5, 700 °C, Versuche mit 6–12 ml/min NH3, Kohlenstoffpegel 0,4 %.

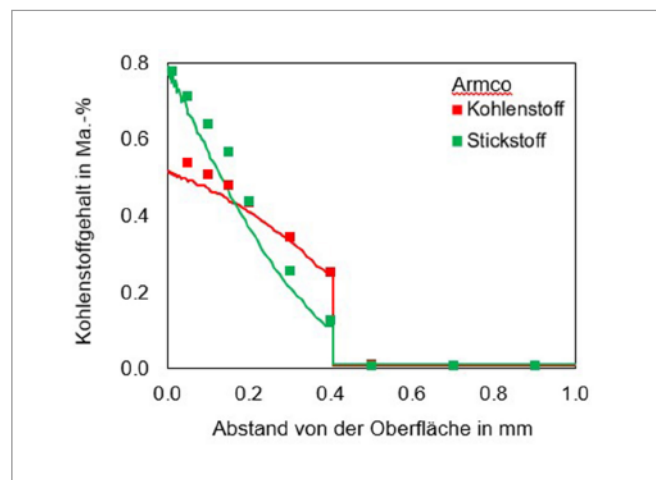


Abbildung 13: Simulation (durchgezogene Linie) mit Phasenumwandlung, Armco, 800 °C 8h, CP = 0,6 %, NP = 1 %

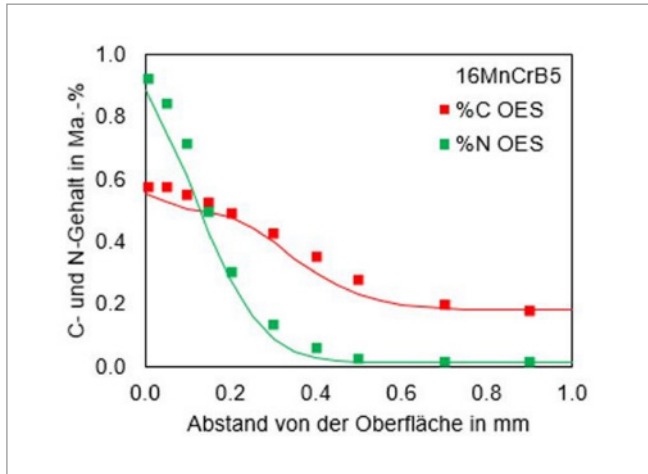


Abbildung 14: Simulation (durchgezogene Linie) mit Ausscheidungs-bildung, 16MnCrB5, 800°C 8h, CP = 0,6 %, NP = 1 %

Die zweite numerische Carbonitriersoftware wurde im Leibniz IWT Bremen entwickelt. Diese Software berücksichtigt zusätzlich die Ausscheidungs-bildung. Die folgende Carbonitriersimulation erfolgte für 800°C 8h, einem konstanten Kohlenstoffpegel von 0,6 % und einem konstanten Stickstoffpegel von 1 % für den 16MnCrB5.

Die Simulationsergebnisse stimmen mit den experimentellen Behandlungsergebnissen sowohl für Kohlenstoff- als auch für Stickstoffprofile am Rand sehr gut überein (Abbildung 14). Die Übereinstimmung dieser Ergebnisse erweist sich als wesentlich genauer gegenüber den DICTRA-Ergebnissen. Der Grund dafür ist die fehlende Berücksichtigung der Ausscheidungs-bildung in der DICTRA Simulation. Bei steigenden Stickstoffpegeln wird erwartet, dass die Ausscheidungs-bildung zunimmt. Wenn die Simulation die Ausscheidungs-bildung nicht berücksichtigt, nimmt die Genauigkeit der Simulationsergebnisse mit zunehmendem Stickstoffpegel und zunehmendem Legierungsgehalt ab.

Zusammenfassung

Der wissenschaftliche Ansatz des Projekts "Carbo LT" ist es, das Spektrum der Carbonitrieranwendungen durch ein vielversprechendes, neues Niedrigtemperaturverfahren zu erweitern. Die Randschichtzustände mit einem martensitischen Rand, Restaustenit und fein verteilten Ausscheidungen stellen für viele Anwendungen einen optimalen Zustand dar. Bei vielen dünnwandigen Bauteilen ohne Anforderungen an die Kernfestigkeit wie verschleißbeständige Bleche und Stanzteile aus niedriglegierten Bau- und Vergütungsstählen sowie sonstigen Feinwerkteilen führt eine durchgreifende Wärmebehandlung zu erhöhter Verzugsanfälligkeit. Die Untersuchung des Carbonitrierens im Temperaturbereich von 650°C bis 750°C erfolgte mit dem Ziel, Randschichten mit fein verteilten

Ausscheidungen in einem martensitischen Rand und einem unveränderten ferritischen perlitischen Kern einzustellen. Im Vorhaben wurden die Mechanismen erarbeitet und simuliert, die die austenitische Umwandlung der Randschicht durch die Eindiffusion von Kohlenstoff und Stickstoff betreffen. Die anschließende Härtung findet nur in der Randschicht statt, der Kern behält seinen Ausgangsgefügezustand. Dadurch kann der Verzug erheblich reduziert und die Maßhaltigkeit der Bauteile gesteigert werden.

Literatur

[1] M. Skalecki: Simulation und praktische Anwendung des geregelten Carbonitrierens von niedriglegierten Stählen. Shaker Verlag Düren 2019 (Diss. Uni Bremen 2019).

Danksagung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben Nr. 19876N wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Kontakt

Forschungsstelle

Dr.-Ing. Heinrich Klümper-Westkamp
Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien – IWT
Hauptabteilung Werkstofftechnik
Badgasteiner Straße 3
28359 Bremen
Tel.: +49 421 218 51315
E-Mail: hkw@iwt-bremen.de

Arbeitsblatt

Entwicklung einer zerstörungsfreien Umwandlungssensortechnik zur Charakterisierung gradiert eingestellter Gefüge und Randzoneneigenschaften während der Werkstoffumwandlung im Abkühlpfad

AiF-Nr.: 19595 N

Obmann: Marco Laufer

Laufzeit: 01.07.2017-30.06.2020

Erstelldatum: 21.10.2020

Forschungsstellen:

FS1: Leibniz Universität Hannover,

Institut für Werkstoffkunde (IW)

FS2: Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien IWT

Projektleiter: David Zaremba (FS1)

Heinrich Klümper-Westkamp (FS2)

Sachbearbeiter: Lara Fricke, René Gansel (FS1)

Marian Skalecki, Carina Zimmermann (FS2)

Forschungsvereinigungen: FSV und AWT

Projektbegleitender Fachausschuss: FA 20

Zielsetzung und Lösungsweg

Das Ziel dieses Vorhabens war die Entwicklung einer Umwandlungs-Sensortechnik zur zerstörungsfreien Charakterisierung gradiert eingestellter Gefüge und Randzoneneigenschaften während der Werkstoffumwandlung im Abkühlpfad. Um diese Zielsetzung zu erreichen, war die Weiterentwicklung und Erprobung eines auf der Analyse harmonischer Anteile von Wirbelstromsignalen basierenden Mehrparameter-Prüfsystems vorgesehen, das eine differenzierte in situ Erfassung der Werkstoffumwandlung sowie der Gefügeausbildung in der Bauteilrand- und Kernzone ermöglicht. Sowohl beim Schmieden als auch beim Einsatzhärten und Bainitisieren werden die Gefügeausbildungen und damit die wesentlichen Bauteileigenschaften erst während der Wärmebehandlung in der Abkühlstrecke entwickelt. Die Prüftechnik sollte deshalb in den jeweiligen Abkühlprozess integriert werden, um bei einem bekannten Umwandlungsverhalten der Bauteile in der Abkühlstrecke eine frühzeitige Erkennung ungeeigneter Abkühlverläufe zu ermöglichen. Weiterführend sollte mit einer Realisierung einer Online-Qualitätssicherung die Möglichkeit geschaffen werden, zu derzeit notwendigen, zerstörenden qualitätssichernden Maßnahmen bei der Herstellung von dickwandigen Schmiedebau- teilen und Hochleistungsbauteilen mit gradierten Werkstoffei- genschaften eine wirtschaftliche Alternative zu bieten.

In diesem Zusammenhang wurden folgende wesentliche Teil- ziele bearbeitet:

- Auslegung und Fertigung temperaturbeständiger Wirbelstrom- sensoren
- Integration der Wirbelstromsensoren in verschiedene Abkühlpro- zesse (Warmbad, Ölbad, Wasser-Luft-Sprayfeld)
- Erfassung der Gefügeausbildung in unterschiedlichen Randab- ständen mithilfe einer quasisimultanen Multiparameterprüfung
- Bewertung des Aufkohlungsprozesses während der Bauteilab- schreckung
- Zerstörungsfreie Differenzierung der signifikanten Aufkohlungs- parameter Kohlenstoffpegel (CP) und Einsatzhärte (CHD)
- Eine demonstratorhafte Realisierung einer Online-Qualitätssi- cherung beim industriellen Schmiedeprozess und beim industri- ellen Einsatzhärten

Basierend auf dem Stand der Technik und den eigenen Vorar- beiten wurde bei der Planung des Vorhabens die Arbeitshypo- these formuliert, dass es mithilfe der Analyse höherharmoni- scher Signalanteile möglich ist, die Gefügeausbildungen wäh- rend der Bauteilabkühlung zu erfassen.

Bei der Wirbelstromprüfung wird zunächst durch eine mit einem sinusförmigen Wechselstrom beaufschlagte Erreger- spule ein magnetisches Wechselfeld generiert, das in dem zu prüfenden, ferromagnetischen Bauteil zu einer kontinuierlichen Ummagnetisierung entlang der magnetischen Hysteresekurve führt. Gleichzeitig werden Wirbelströme induziert, die ihrerseits ein Sekundärmagnetfeld ausbilden, das dem primären Erreger- feld entgegengesetzt ist. Das so entstehende, resultierende Magnetfeld induziert in die Messspule eine entsprechend der magnetischen Hysterese nichtlinear verzerrte, oberwellenbe- haftete Wechselspannung, wie in Abbildung 1 visualisiert.

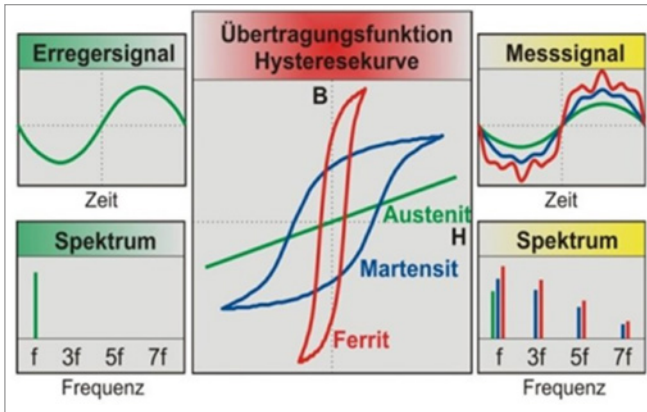


Abbildung 1: Harmonischen Analyse von Wirbelstromsignalen [1].

Die Auswahl der Prüffrequenz besitzt einen erheblichen Einfluss auf die prüftechnische Differenzierung der Werkstoffumwandlungen in unterschiedlichen Tiefenlagen sowie deren Gewichtung in der Signalanalyse. Grundsätzlich sinkt mit steigender Frequenz die Wirbelstromeindringtiefe, wodurch gleichzeitig eine Fokussierung auf den randnahen Bereich des Prüfkörpers erfolgt.

In Abhängigkeit der ablaufenden Gefügeausbildung bilden sich charakteristische Signalverläufe aus, wodurch eine Qualitätssicherung des jeweiligen Abkühlprozesses möglich wird.

Die Erprobung und Kalibrierung des Prüfsystems sowie die spätere Variation der Aufkohlungsparameter erfolgte in den Anlagen des IWT. Anschließend wurden die zerstörungsfrei aufgenommenen Prüfergebnisse mit der zerstörend ermittelten Gefügeausbildung und den mechanischen Kennwerten ein-satzgehärteter und ein-satzbainitisierter Bauteile korreliert.

Der für die Erreichung des Forschungsziels notwendige Lösungsweg sowie das Zusammenwirken der jeweiligen Arbeitspakete bzw. Forschungseinrichtungen ist in Abbildung 2 dargestellt.

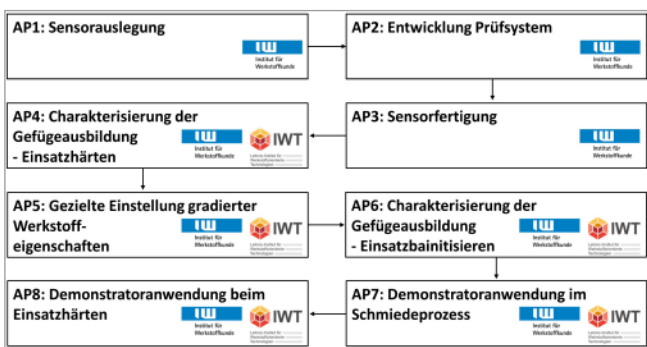


Abbildung 2: Übersicht der Arbeitspakete

Die Online-Erfassung der Werkstoffumwandlung in den Abkühl- und Haltephasen direkt aus der Schmiedewärme bzw. dem Austenitgebiet stellen besondere Herausforderungen an die Entwicklung und anwendungsbezogene Auslegung der Wirbelstromsensoren. Die möglichen Sensor-Konzepte wurden basierend auf der Bauteilgeometrie sowie der prozesstechnischen Randbedingungen gewählt. Hier erforderte der Einsatz im Salzbad z. B. hermetisch geschlossene, hochtemperatur- und korrosionsbeständige Sensoren. Um die physikalischen Zusammenhänge mit den vielfältigen und herausfordernden Anforderungen, die an das Spulensystem gestellt werden, mit der technischen Machbarkeit des Sensors zu vereinen, wurden umfangreiche FEM-Simulationen durchgeführt. Es wurden sowohl der Werkstoff-Umwandlungsgrad in unterschiedlichen Tiefenlagen, die Prüffrequenz als auch die magnetische Feldstärke variiert. Darüber hinaus wurden verschiedene Parameter für die Auslegung der Spulensysteme untersucht, um mithilfe der gewonnenen Daten Sensoren zu entwickeln, die individuell für die jeweilige Prüfaufgabe ausgelegt sind.

Hierauf aufbauend wurde die Prüftechnik weiterentwickelt, um eine quasisimultane Multiparameterprüfung mit bis zu vier Prüffrequenzen zu gewährleisten. Es wurden Schnittstellen entwickelt, um prozessintegriert mittels Thermoelementen die Proben-temperatur im Rand- und Kernbereich zu dokumentieren und diese mit den Wirbelstromsignalen zu verknüpfen. Basierend auf den Simulationsergebnissen sowie auf ergänzenden analytischen MATLAB-Berechnungen wurde ein Spulensystem aufgebaut. Zusätzlich erfolgte eine Studie bezüglich des Temperatureinflusses auf das Gehäuse und die Kupferdrahtisolation der Spulen, um zu gewährleisten, dass die gleiche Sensorik aus Gründen der Vergleichbarkeit in allen Abkühlmedien (Warmbad, Ölbad, Wasser-Luft-Sprayfeld) eingesetzt werden konnte. Zur Erfassung und Charakterisierung der Gefügeausbildung beim Einsatzhärten wurde die Sensorik, wie in Abbildung 3 dargestellt, in das Ölbad integriert.

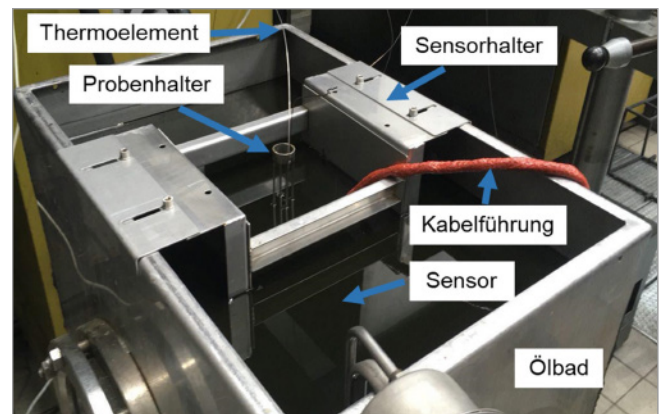


Abbildung 3: Versuchsaufbau innerhalb des Ölbad [2].

Innerhalb des Projektes wurden zylindrische Proben mit einem Durchmesser von 20 mm und einer Höhe von 80 mm aus den Einsatzstählen C15 und 18CrNiMo7-6 untersucht.

Die Ausprägung der Kohlenstofftiefenprofile bei den Aufkohlungsbehandlungen wurde vorab mittels der Software HT Tools mit FDM-Simulationsmethoden berechnet. Es wurden gezielt gradierte Werkstoffeigenschaften über die Variation des Randkohlenstoffgehaltes und der Einhärtungstiefe eingestellt. Im Anschluss wurde die Gefügeausbildung im Bauteil während der Abkühlung aus dem Austenitgebiet im Ölbad zerstörungsfrei von der Wirbelstromsensorik erfasst. Das Gefüge wurde anschließend mittels metallographischen Schliffrufen, röntgenographischen Analysen und Härtetiefenverläufen charakterisiert und durch die erreichten Kohlenstoffverläufe ergänzt. Abschließend erfolgte eine Korrelation zwischen den zerstörend bestimmten Gefügecharakteristika und den zerstörungsfrei ermittelten Signalverläufen.

Darüber hinaus fand eine Variation des Abkühlmediums statt. Es wurden aufgekohlte Proben austenitisiert und in einem Wasser-Luft-Sprayfeld mit integriertem Wirbelstromsensor abgeschreckt. In einer anschließenden Untersuchung erfolgte das Einsatzbainitieren im Warmbad mit zylindrischen 18CrNiMo7-6 Proben. Hierbei wurde die Abkühl- und Haltephase mit dem integrierten Wirbelstromsensor hinsichtlich der Gefügeveränderung überwacht. Neben der Variation der Aufkohlparameter wurden ebenfalls Proben carbonitriert und anschließend verglichen. Zudem erfolgte die Variation der Warmbadtemperatur. In Abbildung 4 ist der Versuchsaufbau dargestellt.

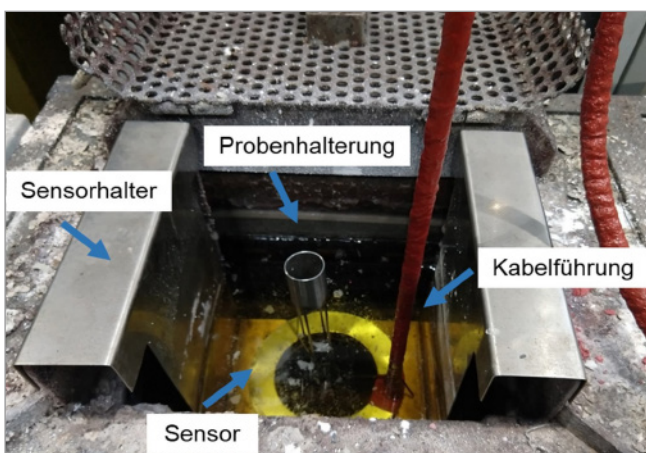


Abbildung 4: Versuchsaufbau im Warmbad.

Um die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus dem Labormaßstab zu prüfen, wurden abschließend zwei Demonstratoranwendungen im industriellen Umfeld realisiert. Diese beinhalten eine Online-Qualitätssicherung bei der Wärmebehandlung nach der Massivumformung sowie beim Einsatzhärten.

Ergebnisse

Die ersten Versuche wurden durchgeführt, um den Unterschied zwischen einer nicht aufgekohlten und einer aufgekohlten 18CrNiMo7-6 Zylinderprobe zu erarbeiten. Ein Ergebnis eines solchen Vergleichs ist in Abbildung 5 dargestellt.

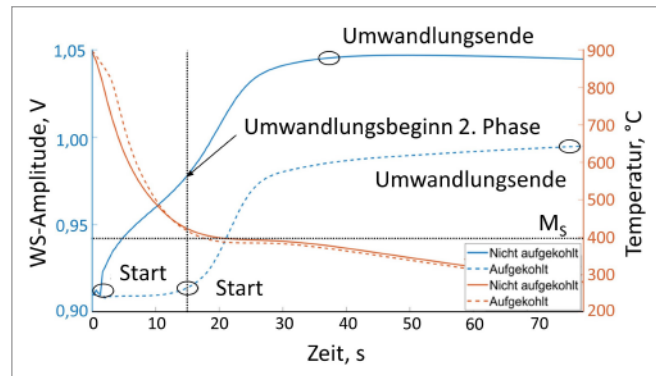


Abbildung 5: Vergleich des Verlaufs der 1. Harmonischen einer nicht aufgekohlten und einer aufgekohlten 18CrNiMo7-6 Probe inklusive Temperaturverläufe [2].

In den nicht aufgekohlten Proben kam es aufgrund von Entkohlungserscheinungen zu einem ferritischen Gefügeanteil im Randbereich. Der ferritische Gefügeanteil konnte mit den Wirbelstromprüfergebnissen klar vom Martensit unterschieden werden. Dieses ist anhand der unterschiedlichen Steigungen innerhalb des Amplitudenverlaufs in Abbildung 5 zu erkennen.

Weiterführende Versuche im Ölbad zeigten, dass eine Differenzierung der Kohlenstoffpegel und der Einhärtetiefe möglich ist. Die eingestellten Kohlenstoffpegel lassen sich anhand unterschiedlicher Umwandlungsstartpunkte des Randbereichs unterscheiden. Mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt kommt es zu einer weiteren Verringerung der Martensitstarttemperatur. Aus diesem Grund verzögert sich die Umwandlung des Randbereichs mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt. Eine Differenzierung der verschiedenen Einsatzhärtetiefen kann aufgrund der maximal erreichten Amplituden erfolgen. Dabei gilt, je größer die Einhärtetiefe ist, desto geringer ist die Amplitude. In Abbildung 6 sind die kausalen Zusammenhänge zwischen der Probenrandzone beim Einsatzhärten und den resultierenden Wirbelstromsignalen visualisiert.

Die Einflussgrößen aus Abbildung 6 sind eng miteinander verbunden. So erhöht sich beispielsweise bei einer Steigerung des Kohlenstoffgehaltes die Martensithärte, die Randhärte nimmt jedoch insgesamt aufgrund des gesteigerten Anteils an Restaustenit ab. Die Härte hat dabei einen wesentlichen Einfluss auf das Wirbelstromsignal. Gleichermäßen verändert sich das Verhältnis zwischen Martensit und Restaustenit, wodurch die Wirbelstromeindringtiefe aufgrund der schlechteren magnetischen und elektrischen Materialeigenschaften ansteigt.

Folglich wird im Vergleich von Aufkohlungsparametern zumeist ein unterschiedliches Prüfvolumen erfasst.

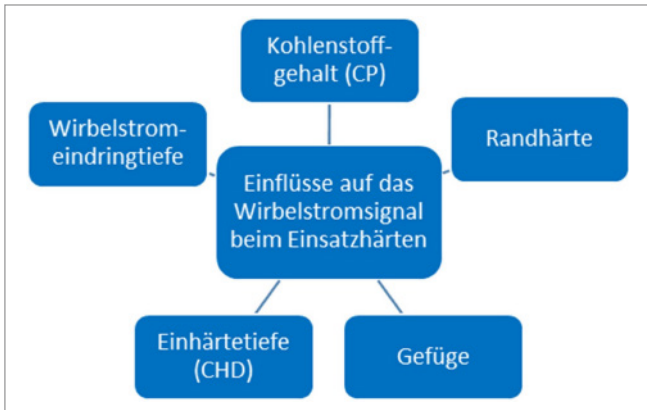


Abbildung 6: Zusammenhänge zwischen der Charakteristik der Randzone beim Einsatzhärten und den resultierenden Wirbelstromsignalen.

Anhand der aufgekohlten C15 Zylinderproben mit einem C-Pegel von 0,9 % kann exemplarisch eine getrennte Gefügeumwandlung im Kern- und im Randbereich aufgezeigt werden, siehe Abbildung 7.

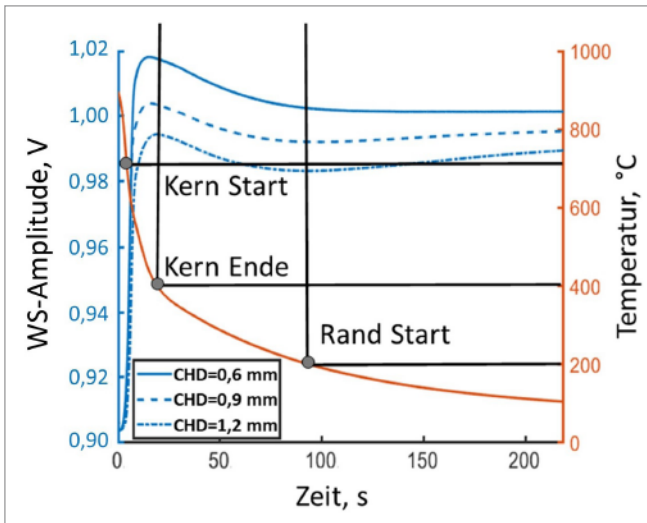


Abbildung 7: Wirbelstromprüfergebnisse beim Abschrecken von C15 Proben nach einer Aufkohlung auf 0,9 % Randkohlenstoffgehalt und einer variierten CHD [2].

Des Weiteren wurde im Rahmen von Wasser-Luft-Sprayfeldabkühlungen am IW die Umwandlungskinetik von einsatzgehärteten Zylinderproben untersucht, um hierbei weitere Abkühlbedingungen zu variieren. Dabei wurden die im IWT aufgekohlten C15-Proben (CP = 0,8 %, CHD = 0,3 mm, 0,5 mm und 0,8 mm) erneut austenitisiert und anschließend im Sprayfeld mit Wasser abgeschreckt und währenddessen prüftechnisch erfasst. Die Signalverläufe der 1. Harmonischen, resultierend aus der Sprayfeldabkühlung, sind in Abbildung 8 dargestellt.

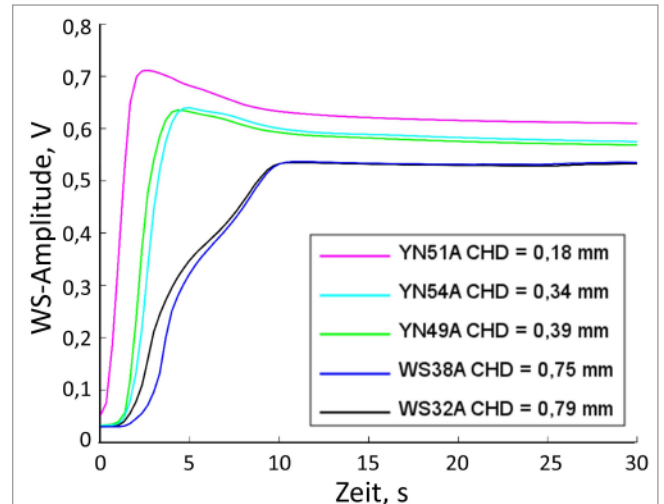


Abbildung 8: Signalverläufe der 1. Harmonischen bei einer Prüffrequenz von 100 Hz während der Sprayfeldabkühlung

Die CHD wurde in Anlehnung an die DIN EN ISO 6507-1 mithilfe von Härteprüfungen verifiziert. Anhand der ZfP-Signalverläufe bei einer Prüffrequenz von 100 Hz ist eine deutliche Unterscheidung der CHD anhand der Verläufe, der maximalen Amplitude und der Endamplitude möglich.

Darüber hinaus wurden exemplarisch 18CrNiMo7-6 Zylinderproben mit einem CP von 0,5 % im Salzbad einsatzbainitisiert. Sobald es zu keinem weiteren Anstieg innerhalb der Messsignalamplitude mehr kommt, ist davon auszugehen, dass die Gefügeumwandlung abgeschlossen ist. Der Grund dafür ist, dass keine weitere Neubildung ferromagnetischer Gefügebestandteile erfolgt und die physikalischen Materialeigenschaften konstant bleiben. Dadurch konnte festgestellt werden, dass die vollbainitische Umwandlung bei einer Warmbadtemperatur von 275 °C bereits nach 2,5 h statt der berechneten Umwandlungszeit von 6 h und bei einer Warmbadtemperatur von 295 °C nach 1,75 h statt der berechneten 4 h abgeschlossen war. Folglich kann mithilfe der Wirbelstromprüfung eine genauere Bestimmung der benötigten Umwandlungsdauer vorgenommen werden. Chargen- und prozessbedingte Sicherheitszuschläge, die zur Berechnung der bainitischen Umwandlungszeit bei klassischer Prozessauslegung notwendig sind, können daher durch die vorgestellte Technik potentiell bauteilbasiert entfallen, wodurch sich erhebliches Einsparpotential hinsichtlich Prozesszeit und -kosten ergibt.

Die Umsetzung einer zerstörungsfreien Online-Qualitätssicherung innerhalb des Schmiedeprozesses in einer industriellen Schmiedelinie zu Demonstrationszwecken konnte erfolgreich realisiert werden. Es wurde gezeigt, dass eine Differenzierung der während der Abkühlung aus der Umformwärme im Warmbad ausgebildeten Gefüge im Randbereich möglich ist. Das Ziel der Versuche war eine vollbainitische Gefügeausbildung in

den dickwandigen Demonstratorbauteilen (Flanschwellen). Die Signalverläufe lassen deutlich erkennen, wenn es aufgrund einer vom Soll abweichenden Gefügeausbildung z. B. zu einer nicht gewollten Martensitbildung in der Randzone kommt [3]. Ebenfalls wurde im Rahmen einer industriellen Demonstratoranwendung eine Online-Qualitätssicherung beim Einsatzhärten erfolgreich durchgeführt. Anhand der Signalverläufe, die während der Bauteilabkühlung (Kegelrad) im Ölbad zerstörungsfrei erfasst wurden, konnten unterschiedliche Einhärtetiefen anhand des Amplitudenmaximums der 1. Harmonischen und auch allgemein am Verlauf der Amplitude differenziert werden. Prozessstörungen, bei denen entweder zu viel oder zu wenig Kohlenstoff ins Bauteil eingebracht wurden, konnten eindeutig von den Standardbauteilen bzw. Standard-CHD unterschieden werden.

Zusammenfassung

Anhand der erzielten Forschungsergebnisse im Labor und in den industriellen Anwendungen konnte gezeigt werden, dass die Entwicklung einer Umwandlungs-Sensortechnik zur zerstörungsfreien Charakterisierung gradiert eingestellter Gefüge und Randzoneneigenschaften während der Werkstoffumwandlung im Abkühlpfad erfolgreich realisiert wurde. Eine Online-Qualitätssicherung bzw. die Werkstoffumwandlung in unterschiedlichen Randabständen konnte mithilfe der integrierten Wirbelstromsensorik im Ölbad, im Warmbad, unter freier Konvektion sowie im Wasser-Luft-Sprayfeld erfolgen.

Anhand der experimentellen Untersuchungen im Ölbad und im Wasser-Luft-Sprayfeld konnte der Kohlenstoffpegel und die Einhärtetiefe differenziert sowie das Umwandlungsende bestimmt werden. Darüber hinaus ist es möglich, Prozessstörungen mit zu viel oder zu wenig Kohlenstoff im Randbereich eindeutig zerstörungsfrei zu detektieren.

Chargen- und prozessbedingte Sicherheitsaufschläge, welche zur Berechnung der bainitischen Umwandlungszeit bei klassischer Prozessauslegung notwendig sind, können durch die vorgestellte Technik potentiell bauteilbasiert entfallen, wodurch ein erhebliches Einsparpotential hinsichtlich der Prozesszeit und -kosten entsteht.

Somit ergibt sich mithilfe des Wirbelstromprüfsystems die Möglichkeit zur zerstörungsfreien, frühzeitigen Erkennung von Fehlentwicklungen bei einem bekannten Umwandlungsverhalten der Bauteile in der Abkühlstrecke. Gleichbedeutend ist eine Qualitätssicherung der gewünschten Bauteileigenschaften während der Abkühlphase aus dem Austenitgebiet reproduzierbar möglich.

Literatur

- [1] Bruchwald, O.; Frackowiak, W.; Bucquet, T.; Huskic, A.; Reimche, W.; Maier, H. J.: In-situ-Erfassung der Werkstoffumwandlung und Gefügeausbildung von Schmiedebauteilen im Abkühlpfad. HTM J. Heat Treatm. Mat., 2015, 70(3), pp. 150-161.
- [2] Fricke, L. V.; Skalecki, M. G.; Barton, S.; Klümper-Westkamp, H.; Zoch, H.-W.; Zaremba, D. (2019): In-situ Characterization by Eddy Current Testing of Graded Microstructural Evolution in the Core and Peripheral Zone during Material Conversion during Case Hardening, HTM 74, 2019 (6), 345-356.
- [3] Gansel, R.; Fricke, L.; Klümper-Westkamp, H.; Laufer, M.; Zaremba, D.: Prozessbegleitende Erfassung der Gefügeumwandlung im Randbereich bainitischer Schmiedeteile bei der Abkühlung im Warmbad, massivUMFORMUNG, 2020 (2), 58-63

Danksagung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben Nr. 19595N wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Langfassung des Abschlussberichtes kann bei der FSV, Goldene Pforte 1, 58093 Hagen, angefordert werden.

Kontakt

Forschungsstelle 1

Dr.-Ing. David Zaremba
Leibniz Universität Hannover, Institut für Werkstoffkunde (IW)
Lise-Meitner-Straße 1
30827 Garbsen
Tel.: +49 511 762 9816
E-Mail: zaremba@iw.uni-hannover.de

Forschungsstelle 2

Dr.-Ing. Heinrich Klümper-Westkamp
Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien – IWT
Hauptabteilung Werkstofftechnik
Badgasteiner Straße 3
28359 Bremen
Tel.: +49 421 218 51315
E-Mail: hkw@iwt-bremen.de

AWT-Online-Seminar am 10./11. März 2021

Nitrieren und Nitrocarburieren für Praktiker

Nitrieren und Nitrocarburieren ist ein zentrales Thema, wenn es im Verkehrsmittelbau und im Maschinenbau um die Leistungssteigerung von Bauteilen und Komponenten geht. In zunehmendem Maße wird das Verfahren neben den primären Anwendungsbereichen der Festigkeitssteigerung und Verschleißminderung auch in Verbindung mit der Nachoxidation als umweltschonende Korrosionsschutzbehandlung eingesetzt. Neue Anwendungsentwicklungen für austenitische Stähle sowie für die Mikroerspanbarkeit mit Diamantwerkzeugen zeigen, dass das Potential noch lange nicht ausgeschöpft ist.

Um die Behandlung des Nitrierens und vor allem des Nitrocarburierens in der Bandbreite der Möglichkeiten verschiedenartiger Randschichten einzustellen und reproduzierbar zu realisieren, ist sowohl eine grundlegende Kenntnis der metallurgischen Vorgänge als auch der praktischen thermodynamischen Verfahrensabläufe notwendig. Umfassender Sensoreinsatz und Regelungen sind für den Praktiker wichtig, um enge Zielvorgaben sicher zu erreichen.

Ziel des Seminars ist die Vermittlung der grundlegenden Zusammenhänge zwischen Werkstoff, Wärmebehandlung und Randschichteigenschaften. Schwerpunktmäßig wird die Gasnitrocarburierung im Praxisteil behandelt. Durch die Einbeziehung der Referenten wird ein intensiver Erfahrungsaustausch ermöglicht.

Anmeldung

AWT-Mitglieder: 450 €

Gebühr für den 2. Teilnehmer*: 250 €

Persönliche AWT-Mitglieder bzw. Mitarbeiter eines AWT-Mitgliedunternehmens geben bei der Anmeldung bitte die AWT-Mitgliedsnummer an.

Sonstige Teilnehmer: 500 € / 2. Teilnehmer*: 270 €

Anmeldung unter seminare@awt-online.org / +49 421 5229339

Leistungsumfang

Vorträge und interaktiver Austausch mit den Referenten auf der AWT-Konferenz-Plattform, die Seminarunterlagen und das Teilnahmezertifikat in elektronischer Form. Die Bedingungen für AWT-Seminare finden Sie unter awt-online.org.

Online-Seminar

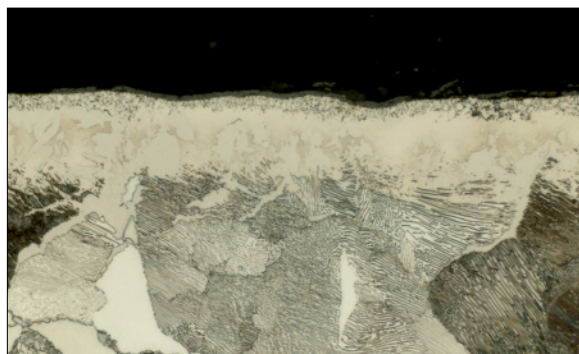
Mi, 10. März 2021, 08:30 – 13:00 Uhr

Do, 11. März 2021, 8:30 – 13:00 Uhr



Leitung:

Dr.-Ing. Dr. Heinrich Klümper-Westkamp



Programm

1. Grundlagen des Nitrierens und Nitrocarburierens –
Übersichtsvortrag und Einführung in die Thematik
Dr.-Ing. Dr. H. Klümper-Westkamp, Leibniz-IWT, Bremen
2. Öfen, Medien, Verfahren – Typische Verfahrensabläufe und
-parameter in verschiedenen Anlagentypen
Dr. J. Crummenauer, Oerlikon Metaplas GmbH
3. Messen und Regeln – Gezielt und reproduzierbar
Nitrierabläufe automatisieren
K.-M. Winter, Nitrex Metal Inc.
4. Reinigung vor dem Prozess – Arbeitshilfen und Hinweise
für die Bauteilreinigung
N. N.
5. Qualitätssicherung, Prüfen – Verbesserte Ergebnisse
mit Qualitätssicherung erreichen
Dr.-Ing. Dr. H. Klümper-Westkamp, Leibniz-IWT, Bremen
6. Sicherheit, Fehler, Schäden – Nitrierfehler vermeiden,
Anlagen und Prozesssicherheit optimieren
Dr.-Ing. S. Hoja, Leibniz-IWT Bremen

Besondere Fragestellungen aus der Praxis – wir zeigen, worauf es ankommt!

- Anlagenkomponenten
- Ergebnisbeurteilung
- Behandlungsende, Nachbehandlung
- Reinigung
- Chargierung
- Prozessstart
- Prozesskontrolle

*Teilnahmegebühr für mehrere Teilnehmer aus einem Unternehmen auf Anfrage. Preis für 2. Person zzgl. ges. USt.
Irrtümer, Druckfehler und Änderungen vorbehalten. Die AWT behält sich vor, ein Seminar aus wichtigem Grund abzusagen.

Seminarplaner 2021

Seminar	Termin
Nitrieren und Nitrocarburieren für Praktiker Dr.-Ing. Heinrich Klümper-Westkamp, Leibniz-IWT Bremen	10./11. März 2021
Gefüge und Metallografie der Stähle Prof. Dr.-Ing. habil. Brigitte Clausen, Leibniz-IWT Bremen	19./20. Mai 2021
Arbeits- und Betriebssicherheit in der Wärmebehandlung Dr.-Ing. Heinrich Klümper-Westkamp, Leibniz-IWT	16./17. Juni 2021
Bainitisieren in Theorie und Praxis Dr.-Ing. Heinrich Klümper-Westkamp, Leibniz-IWT	22./23. September 2021
Reinheitsgrad von Stählen Prof. Dr.-Ing. habil. Brigitte Clausen, Leibniz-IWT Bremen	29./30. September 2021
Wärmebehandlung von Aluminiumlegierungen Prof. Dr.-Ing. habil. Olaf Keßler, Universität Rostock	10./11. November 2021
Einsatzhärten für Praktiker Dr.-Ing. Matthias Steinbacher, Leibniz-IWT Bremen	24./25. November 2021

Die Seminare werden nach derzeitigem Stand als Online-Seminare durchgeführt. Soweit es die allgemeine Lage erlaubt, werden wieder Präsenzseminare angeboten. Voranmeldungen können jederzeit bei Frau Hella Dietz von der AWT-Geschäftsstelle +49 421 5229339, h.dietz@awt-online.org erfolgen.

Wissensvorsprung durch die Seminare der AWT!



Arbeitsgemeinschaft
Wärmebehandlung + Werkstofftechnik e.V.



Termine

Veranstaltungen der AWT-Härtereikreise Januar, Februar, März 2021

14. Januar	Simulation der Prozesskette bei der Fertigung von umgeformten, geschweißten und additiv gefertigten Bauteilen, Dr.-Ing. Gabriel Mc Bain	Friedrichshafen
19. Januar	Induktives Randschichthärten – Möglichkeiten, Grenzen, Auslegung, Prof. Dr.-Ing. Bernard Nacke	Hannover
04. Februar	Simulation und praktische Nachweisführung für die Prozessentwicklung beim Fixturhärten dünnwandiger Luftfahrt-Bauteile, Dr.-Ing. Michele Vidoni	Hannover
09. Februar	Kleine Bor-Gehalte – Große Wirkung! – Einfluss von Bor auf die Eigenschaften von Einsatzstählen, Dr.-Ing. Isabell Ortlepp	Ulm
1. März	Stand der Technik – Adiabate Freikühlsysteme Effektivbeispiel als technisches, wirtschaftliches und umweltpolitisches Novum, Leonard Elsässer	Hannover
09. März	E-Mobilität – Klimaretter und Arbeitsplatzvernichter? Uwe Schmelzing	Ulm
11. März	Möglichkeiten der Fertigungsüberwachung über zerstörungsfreie Prüfmethode, Sören Barteldes	Friedrichshafen

Aktuelle Termine der AWT-Fachausschüsse

16. Dezember 2020	FA 3 Nitrieren/Nitrocarburieren	Webkonferenz
14. Januar 2021	FA 10 Funktionelle Schichten	Bremen
19. Januar 2021	FA 9 Thermische Randschichttechnologien	Egerkingen (CH)
28. Januar 2021	FA 14 Bauteilreinigung	Webkonferenz
18. Februar 2021	FA 1 Trendscouting	Webkonferenz

Achtung: Aufgrund der aktuellen Lage finden fast alle Veranstaltungen der Fachausschüsse und Härtereikreise als Webkonferenz statt oder können entfallen. Bei kurzfristigen Rückfragen zu den Terminen der Härtereikreise nehmen Sie bitte Kontakt zu den örtlichen Härtereikreisleitungen auf.

Der nächste Workshop der Fachausschüsse wird am 2./3. März 2021 in Würzburg stattfinden. Nähere Auskünfte über die Treffen der AWT-Fachausschüsse erteilt Frau Hella Dietz von der AWT-Geschäftsstelle +49 421 5229339, h.dietz@awt-online.org.

Internationale Events

2021

26. – 28. April 2021	QDE + ECHT 2021	Berlin
26. – 28. Mai 2021	4th Meditarian Conference on Heat Treatment and Surface Engineering	Istanbul (TR)
05 – 09 September 2021	SCT 2020, Steels in Cars and Trucks	Mailand (IT)
26. – 28. Oktober 2021	HK 2021	Köln
23. – 25. November 2021	27th IFHTSE Congress	Yokohama (JP)

Stand 05. November 2020. Bitte informieren Sie sich über aktuelle Termine der Härtereikreise und Fachausschüsse auf der AWT-Webseite www.awt-online.org

HK 2021

Werkstoffe – Prozesse – Produkte
Materials – Processes – Products

26. – 28. Oktober 2021
Koelnmesse

Call for Papers

HK 2021

Der 77. HK der AWT findet von Dienstag, den 26., bis Donnerstag, den 28. Oktober 2021 auf dem Gelände der Koelnmesse statt.

Auch beim HK 2021 bleiben wir bei unserem Programmkonzept, Ihnen hochwertige Vorträge über wissenschaftliche Innovationen wie auch aus der industriellen Praxis anzubieten.

In beiden Bereichen sollen die Kernkompetenzen der AWT als führende Fachgesellschaft für Wärmebehandlung und Werkstofftechnik in ihrer gesamten Breite präsentiert werden:

- Wärmebehandlung – Verfahren, Anlagen, Medien, Sicherheit
- Herstellung und Bearbeitung in der Prozesskette
- Eigenschaften von Bauteilen in der Bearbeitung und Anwendung
- Neue Werkstoffentwicklungen
- Werkstoffanalytik und Qualitätskontrolle
- Simulation und Digitalisierung

Vorträge können bis zum 15. März 2021 über info@awt-online.org oder per Anmeldeformular auf der Webseite www.hk-awt.de angemeldet werden.

Bitte senden Sie uns ein Abstract in deutscher und englischer Sprache von 1.800 Zeichen inkl. Leerzeichen und Ihr Foto. Wenn möglich, kennzeichnen Sie Ihr Abstract als Beitrag für den wissenschaftlichen Kongress oder für die Praxistagung.

www.hk-awt.de



Arbeitsgemeinschaft
Wärmebehandlung + Werkstofftechnik e.V.

AWT-Geschäftsstelle
Paul-Feller-Str. 1
28199 Bremen
Tel. +49 421- 52 29 339
Fax +49 (0) 421- 52 29 041
info@awt-online.org
www.awt-online.org

Mitglied werden / Become a member

Ich beantrage hiermit die Aufnahme als Personen-Mitglied in die AWT.

I herewith apply for a personal AWT-membership

Name / Name	Vorname / First Name	Titel / Title
Anschrift / Address		
Geburtsdatum / Date of birth	E-Mail	
erforderlich für den Erhalt der AWT-Mitgliederzeitschrift necessary for the receipt of the AWT membership magazine		
Arbeitgeber/Tätigkeit / Employer / function		

Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt zurzeit 50,- Euro. / The annual fee is 50,- Euro.

- Ich bestätige, die Satzung und die Regelungen zum Datenschutz (www.awt-online.org) zur Kenntnis genommen zu haben und willige ein, dass die aufgeführten Daten für vereinsinterne Zwecke in einer EDV-gestützten Mitglieder- und Beitragsdatei gespeichert, verarbeitet und genutzt werden. / I herewith confirm that I have taken note of the statute and the regulations on the privacy policy and I consent to the data to be stored, processed and used for internal purposes in an EDP-supported membership and contribution file.
- Ich erkläre mich weiterhin mit der Veröffentlichung meines Namens im Vereinsorgan „AWT-Info“ einverstanden.
I consent to the publication of my name in the Body of the Association 'AWT-Info' as well as on our website.

Ich ermächtige die AWT, meinen Mitgliedsbeitrag mittels Lastschrift von meinem Konto abzubuchen.

I herewith authorize the AWT to collect the membership fee from my bank account by direct debit (only possible with a German bank account).

IBAN	BIC
Ort/Datum	Unterschrift

- Ich bestelle hiermit die HTM – ‚Journal of Heat Treatment and Materials‘ zum Vorzugspreis für Mitglieder von 412 Euro im Jahr. Diese Bestellung kann innerhalb von 10 Tagen bei der AWT-Geschäftsstelle schriftlich widerrufen werden. (Bitte ankreuzen und unterschreiben, wenn ein Abonnement gewünscht wird).
I would like to order the HTM – ‚Journal of Heat Treatment and Materials‘, the scientific Journal of AWT at a special rate of 412 Euro/year. The placement of this order can be cancelled within 10 days by written notice to the AWT-branch office.

Ort/Datum / Place/date	Unterschrift / Signature
------------------------	--------------------------

Gemeinnützig anerkannter Verein beim Finanzamt Bremen