Titel

Qualifizierung bainitischer Kaltarbeitsstähle für die Verwendung als Grundkörper für Kreis- und Bandsägeblätter

IGF-Nr.: 20328 N

Forschungseinrichtungen

Forschungseinrichtung 1: IFW Remscheid



Ansprechpartner beim IFW:

Dr.-Ing Hans-Jürgen Gittel 07022 / 786 7698 Gittel@fgw.de

Danksagungen

Das IGF-Vorhaben 20328 N der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. – FGW, Papenberger Straße 49, 42859 Remscheid 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.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages







QBG – IGF 20328 N Seite 1 von 9

Ausgangssituation

Die Grundkörper für Sägewerkzeuge, die mit Zähnen aus Stellit, HSS, Hartmetall oder polykristallinem Diamant bestückt werden, bestehen heute wie vor 100 Jahren überwiegend aus kalt gewalzten, martensitisch vergüteten, unlegierten oder niedrig legierten Kaltarbeitsstählen mit meist 0,6 % bis 0,8 % Kohlenstoffgehalt. Im Laufe der Jahre wurden die Erschmelzung, Walzung und Wärmebehandlung dieser Materialien immer weiter perfektioniert, sodass für die meisten Anwendungen heute gut geeignete und preisgünstige Stahlbleche marktbreit verfügbar sind. An ihre Grenzen stoßen diese Materialien, wenn es darum geht, die Schnittbreiten weiter zu verringern. Das kann erforderlich sein, weil das geschnittene Material wertvoll ist wie Deckschichtholz in Mehrschichtparkett, das geschnittene Material höhere Festigkeiten aufweist wie z.B. vorvergüteter Stahl oder ausgehärtete Aluminiumlegierungen oder die Werkzeuge im Einsatz hohen mehrachsigen Biegewechselbelastungen unterzogen werden wie beim Kontursägen in der Schaumstoffindustrie. Neben den genannten Beispielen sind die neuen Marktpotenziale zugleich aber auch mit strategischen Anforderungen an die mittelständischen Unternehmen verbunden, da durch die Öffnung und Erweiterung der Märkte nicht nur die Nachfrage nach den eigenen Produkten im Ausland angeregt wird, sondern gleichzeitig auch der Wettbewerb im inländischen Heimatmarkt durch ausländische Konkurrenz verschärft wird. Da eine mittelständische Wirtschaft mit einer bloßen Binnenorientierung langfristig ins Hintertreffen gerät, besteht ein dringender Handlungsbedarf zur Absicherung und Ausweitung der eigenen Position.

Eine Verringerung der Sägeblattdicke ist auch unter dem Aspekt Ressourceneffizienz sehr bedeutend, wie das Beispiel der Superdünnschnitt-Kreissägeblätter für den Edelholzzuschnitt zeigt. Die Nachfrage nach Produkten mit Oberflächen aus Edelhölzern ist weltweit hoch. Da die Preise für Edelhölzer in hoher Qualität jedoch bei 1.000 bis 3.000 €/m³ liegen, ist es üblich, eine Tragkonstruktion aus einfachen Hölzern auf der Sichtfläche mit Edelholzfurnier oder Edelholzfriesen zu verblenden. Das ist im Sinne der effizienten Ressourcennutzung eine sehr gute Lösung. Ein typisches Produkt dieser Art ist Fertigparkett. In Europa wurden 2013 über 77 Mio. m² Parkett hergestellt, wovon über 60 Mio. m² Mehrschichtparkett waren. Der

QBG – IGF 20328 N Seite 2 von 9

überwiegende Teil davon wird mit einer Nutzschicht von 1,0 mm Dicke ausgestattet. Dazu werden bei der Herstellung Edelholzfriese mit einer Dicke von 1,1 bis 1,2 mm verwendet. Die Herstellung dieser Friese kann mit speziellen Sägegattern mit Schnittbreiten von 1,0 bis 1,2 mm bei niedriger Produktivität (ca. 6 m/min Vorschubgeschwindigkeit), mit Bandsägen mit Schnittbreiten von 1,2 bis 1,7 mm und mittlerer Produktivität (10 bis 20 m/min Vorschubgeschwindigkeit) oder mit Vielblattkreissägen mit Schnittbreiten zwischen 1,2 und 1,8 mm und hoher Produktivität (30 bis 36 m/min Vorschubgeschwindigkeit) erfolgen. In jedem Fall beträgt der genutzte Holzanteil nach dem Schnitt weniger als 50%, was bei diesen Holzpreisen schmerzhaft ist. In der Praxis wird der höheren Produktivität wegen überwiegend das Kreissägen als Verfahren genutzt. Bedingt durch die hohen Holzpreise wird ein ständiger Kampf um die Verringerung der Schnittbreiten geführt. Eine Verringerung um ca. 0,2 mm gestattet aus einer Standardkantel einen 1,1 mm-Fries mehr zu produzieren. Damit wird die Holzausbeute um 15 bis 20 % verbessert und der Ertrag der Parkettproduktion spürbar erhöht.

Hartmetallbestückte Kreissägeblätter benötigen für ihre Funktion einen Überstand der Sägezähne gegenüber der Fläche des Sägestammblattes von normalerweise 0,3 bis 0,7 mm pro Seite. Bei einer Schnittbreite von 1,2 mm würde das bedeuten, dass das Stammblatt maximal 0.6 mm dick sein darf. Ein so dünnes Stück Material weist nur noch Stabilität auf. Üblicherweise wird bei Superdünnschnittsägen geringe Zahnüberstand deshalb auf 0,2 mm verringert. Das führt jedoch zu einer stärkeren Erwärmung der Stammblätter beim Einsatz durch die Reibung mit dem Luft-/Späne-Gemisch in der Schnittfuge und zu starken Harzanbackungen auf der Stammblattfläche, welche die Problematik verschärfen. Stammblätter bestehen aus gehärteten und angelassenen Kaltarbeitsstählen wie 75Cr1 oder 80CrV2. Im Einsatzzustand besteht deren Gefüge aus Perlit, Martensit und Restaustenit in schwankenden Anteilen. Durch längere Erwärmung verändert sich dieses Gefüge. Die einsetzende Umwandlung von Restaustenit in Martensit und von Martensit in Perlit ist mit Änderungen der spezifischen Volumina verbunden, die makroskopisch zu unkontrollierbaren Spannungen und Verformungen des Stammblatts führen. Verformungen des Stammblatts führen dann zu unzulässigem Schnittverlauf und im späteren Stadium zu Berührungen des Stammblatts mit dem Werkstück, was einen sofortigen Ausfall des Werkzeugs zur Folge hat.

Eine wirtschaftlich sinnvolle Weiterentwicklung der Stammblattmaterialien ist die Nutzung bainitisierter Kaltarbeitsstähle. Bilaterale Entwicklungen zwischen

QBG – IGF 20328 N Seite 3 von 9

Kaltwalzwerken und Sägeblattherstellern scheitern regelmäßig an den vorgegebenen Mindestbestellmengen der Kaltwalzer, die je nach Materialdicke zwischen 1 und 3 t pro Abmessung liegen. Diese Menge stellt aber bereits einen Mehrjahresbedarf eines einzelnen Herstellers dar. Abhilfe soll ein abgestimmtes Vorgehen schaffen, welches die Entwicklung geeigneter Standardsortimente für die Kaltwalzer ermöglicht.

Forschungsziel

Zur Beschreibung des Forschungszieles wurde die folgende Hypothese formuliert: In vorwettbewerblicher Zusammenarbeit aller tangierten Branchen ist es möglich, ein Standardprogramm bainitisierter Kaltbandabmessungen und Parameter für die Stückbainitisierung von Stammblättern zu definieren, mit denen unter Einhaltung der Fertigungsrichtlinien sichere und leistungsfähigere entwickelten Band-Kreissägeblätter produziert werden können. Die relativ höhere Zähigkeit und Schwingfestigkeit bainitisierter Kaltarbeitsstähle ermöglicht die Herstellung von Stammblättern mit höherer Härte und Festigkeit, die geradere Sägeschnitte, weniger Rissbildungen und eine längere Lebensdauer versprechen. Durch sorgfältige Untersuchung und Dokumentation der Auswirkungen technologischer Prozessschritte Sägeblattfertigung ist es möglich, während der negative Einflüsse Sicherheitsrisiken zu erkennen und auszuschließen.

Vorgehensweise und Forschungsergebnisse

Nach der Vorauswahl der Materialien und Referenzsägeblätter mit dem Projektbegleitenden Ausschuss (PA) wurden die Arbeitspakete auf den Maschinen der Mitgliedsfirmen des PA unter Anleitung, Aufsicht und begleitenden Messungen und Aufzeichnungen des wissenschaftlichen Mitarbeiters unter industrieidentischen Bedingungen abgearbeitet und die Ergebnisse der einzelnen Prozessschritte an der Forschungsstelle analysiert. Es wurde sichergestellt, dass von Sägewerkzeugen mit bainitisierten Grundkörpern keine Gefahren ausgehen und die Eigenschaften die erwarteten Verbesserungen versprechen. Es wurden Versuchswerkzeuge gebaut und im praktischen Einsatz bei Anwendern im PA erprobt.

QBG – IGF 20328 N Seite 4 von 9

Als Versuchsmaterial stand eine Charge RiWillit mit der Chargennummer 5602250252 zur Verfügung. Das Ausgangsmaterial war 2,0 mm dick und wurde auf 0,85 mm heruntergewalzt. Das Band wurde in die Breiten 330 mm und 100 mm gespalten. Für die Bainitisierung wurden drei Bandgeschwindigkeiten im Ofen vorgesehen, die zu Bainitisierungszeiten von 240 bis 560 s führten. Um die gewünschte Härte von ca. 52 HRC zu erreichen, wurde die Austenitisierungstemperatur auf das notwendige Minimum im Bereich 760 bis 800 °C festgelegt. Mit diesen Randbedingungen wurden mit der Software JMatPro die zu erwartenden Wärmebehandlungsergebnisse simuliert. Die Simulation zeigte, dass die Zielhärte erreicht werden kann, wenn ein Martensitanteil von ca. 20 % in Kauf genommen wird. Laut Literatur wirkt sich dieser positiv auf Festigkeit und Zähigkeit des Materials aus. In den ersten Wärmebehandlungsversuchen zeigte sich, dass mit 760 °C Ofentemperatur keine sichere Austenitisierung möglich ist. Bei 780 °C hatte das Material eine Härte von 53 bis 55 HRC, sodass die Entscheidung getroffen wurde, bei 800 °C zu austenitisieren. Das führte zu einer Härte von 50 bis 51 HRC. Bei den Bainitisierungszeiten unter 350 s zeigte das Band größere Verformungen, bei 390 s kam es weitgehend eben aus der Ofenanlage, sodass diese Vorschubgeschwindigkeit für die weiteren Versuche festgeschrieben wurde.



Bild 1: Das bainitisierte Band kommt aus dem Ofen und ist weitestgehend eben.

Zur Entspannung des tetragonalen Martensits wurde an Probestücken die Härteveränderung in Abhängigkeit von der Anlasstemperatur ermittelt. Bis 200 °C blieb die Härte erhalten, sodass im Weiteren diese Temperatur zum Anlassen genutzt wurde.

QBG – IGF 20328 N

Seite 5 von 9

Die Zugfestigkeit lag bei 1.780 MPa, die Elastizitätsgrenze bei 1.530 MPa und die Bruchdehnung A₈₀ bei 5,3 %. Im Vergleich zu konventionell martensitisch vergütetem Material mit einer typischen Härte von 44 HRC und mit einer vergleichbaren Bruchdehnung weist das bainitische Material eine 27 % höhere Zugfestigkeit auf.

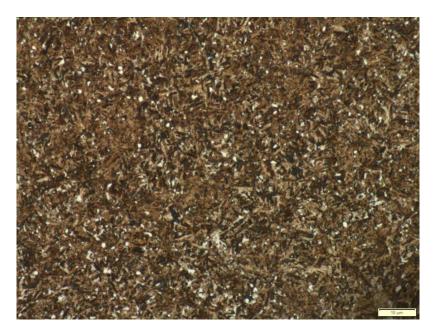


Bild 2: Gefüge des bainitisierten Riwillit-Bleches (80CrV2), Maßstab 1.000: 1, geätzt mit Nital 3 %. In dem sehr feinen Gefüge sind in der bainitischen Matrix Martensitnadeln zu erkennen. Weiß erscheinen die nicht aufgelösten Primärkarbide und möglicherweise fein verteilter Restaustenit.

Während des Anlassens hat sich das Bandmaterial stark verformt. Es wird vermutet, dass sich optisch nicht erkennbarer und ungleichmäßig verteilter Restaustenit in Martensit umgewandelt hat und über die Änderung des spezifischen Volumens den Verzug verursachte. Durch ein leichtes Biegezugrichten konnte das Band wieder in einen verarbeitungsfähigen Zustand versetzt werden. Das typische Bainitgefüge wurde erst unter dem Rasterelektronenmikroskop sichtbar.

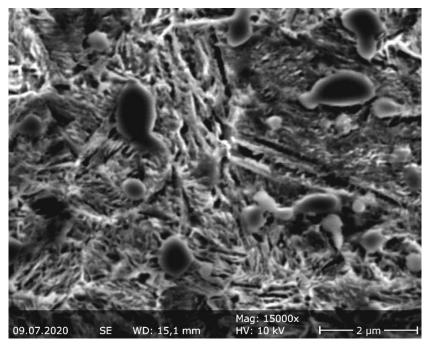


Bild 3: Ausschnitt aus Bild 2 im REM, Maßstab 15.000: 1, deutlich erkennbar sind die parallelen Ferritnadeln mit den dazwischen befindlichen, um ca. 60° zur Nadelachse geneigten Zementitausscheidungen. Überlagert sind die beim Ätzen nicht angegriffenen, rundlichen und fein verteilten primären Karbide.

QBG – IGF 20328 N Seite 6 von 9

Mit diesem Material wurde erprobt, wie sich die technologischen Schritte der Sägewerkzeugfertigung auf Gefüge und Eigenschaften des Stahles auswirken. Im Vordergrund stehen dabei vor allem die Technologien, bei denen hohe Wärmemengen eingebracht werden.

Das beginnt beim Laserschneiden der Stammblattrohlinge für Kreissägeblätter. Es konnte gezeigt werden, dass die Wärmeeinflusszone in bainitischem Blech dünner ist und sich durch ein Anlassen bei 200 °C entspannen lässt.

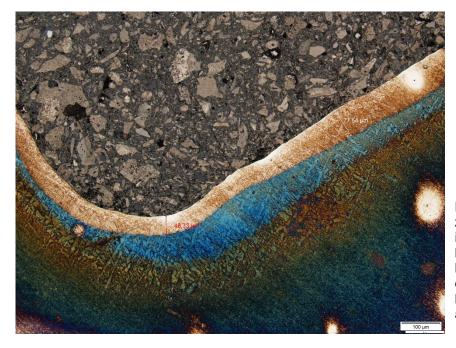


Bild 4: Die Wärmeeinflusszone in bainitischem Blech ist nur 0,05 bis 0,07 mm breit. Nach dem Anlassen bei 200 °C zeigt sich, dass das Gefüge eine Kontinuität bis fast an die Schnittkante aufweist.

Als ähnlich unkritisch erwies sich das Einlöten der Hartmetallzähne. Bei Löttemperaturen von ca. 720 °C und einer Lötdauer von etwa 10 s blieb die Härte und Festigkeit innerhalb der bei martensitisch vergüteten Blechen üblichen Standards. Das Gefüge weist neben den Primärkarbiden eine Mischung aus Bainit und Ferrit/Zementit auf.

QBG – IGF 20328 N Seite 7 von 9

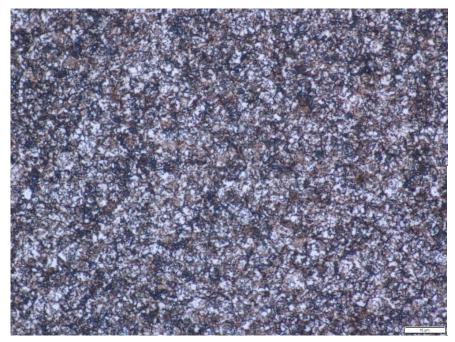


Bild 5: Gefüge des Zahnrückens eines Dünnschnittkreissägeblattes nach dem Löten, geätzt mit Nital 3 %. Neben dem dunklen Bainit und den hellen Primärkarbiden erscheint hell Ferrit mit schwarzen Zementitausscheidungen und -säumen.

Bei der Herstellung von Bandsägeblättern standen vor allem das konduktive Schweißen der Ringe und das Stellitieren im Fokus.

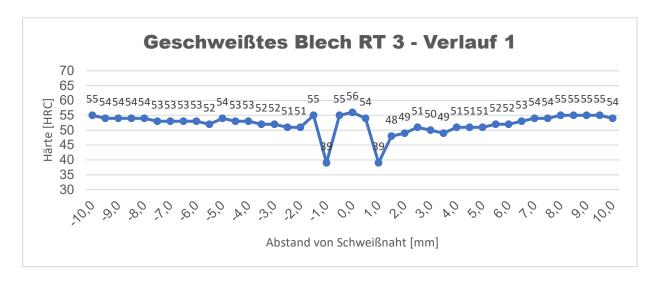


Bild 6: Typischer Härteverlauf quer zur Schweißnaht beim konduktiven Schweißen von Bandsägeringen, die Härte wurde in HV 0,5 ermittelt und in HRC umgewertet, dadurch sind die Werte geringfügig höher.

Auch hier werden die üblichen Standards eingehalten. Ähnlich zeigt sich die Situation beim Stellitieren.

QBG – IGF 20328 N Seite 8 von 9



Bild 7: Übergangszone der Schweißnaht vom Trägerstahl zum Stellit (unten, hell). Das Stellit dringt beim Schweißen ca. 50 µm in das Stahlgefüge ein und verzahnt sich mit diesem. Das lässt eine hohe Verbindungsfestigkeit erwarten.

Das Gefüge unterhalb des Stellits zeigt ein ähnliches Bild wie nach dem Hartlöten (siehe Bild 5). Auffällig ist, dass sich nach allen thermischen Prozessen der Spannungszustand der Bänder und Ronden ändert und ein Richten und Spannen erfordert. Das ist mit den üblichen Methoden und Maschinen möglich, wenn auch etwas aufwändiger.

Zusammenfassung

Nach Abschluss des Forschungsvorhabens stehen potentiellen Anwendern Informationen über die Technologien zum Bainitisieren von dünnen Blechen aus Kaltarbeitsstahl im Durchlauf sowie zur Herstellung von Sägewerkzeugen aus diesem Material zur Verfügung.

Ein besonderer Dank gilt allen Mitgliedern im projektbegleitenden Ausschuss für die gute Zusammenarbeit und für die Unterstützung bei der Durchführung der Forschungsarbeiten.

Eine Langfassung der Forschungsarbeiten kann in Form eines Schlussberichts bei der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V., Papenberger Str. 49, 42859 Remscheid, www.fgw.de, angefordert werden.

Weiter Informationen erhalten Sie bei Herrn Dr.-Ing. Hans-Jürgen Gittel unter 07022 786 7698.

QBG – IGF 20328 N Seite 9 von 9