

Innovative Steel for Forging Tools – Longer Tool Life Quantity Through Optimized Metallurgy

Material selection for forging tools strongly depends on the intended use. The correct compromise between toughness, resistance to wear and stress from thermal variation are crucial. Two hot-work steel types further advanced by Böhler Edelstahl GmbH & Co KG are

presented here: W350 Isobloc with high toughness with great dimensions and W360 Isobloc with increased thermal stability.

Innovative Stähle für Schmiedewerkzeuge – Höhere Standmengen durch optimierte Metallurgie

Johann Mayerhofer und Silvia Zinner, Kapfenberg, Österreich

Die Werkstoffwahl für Schmiedewerkzeuge hängt stark vom Einsatzfall ab. Entscheidend ist der richtige Kompromiss zwischen

Zähigkeit, Verschleißbeständigkeit und Beständigkeit gegen thermische Wechselbelastung. Vorgestellt werden zwei von Böhler Edelstahl GmbH & Co KG weiterentwickelte Warmarbeitsstähle: Der W350 Isobloc mit hoher Zähigkeit in großen Dimensionen und der W360 Isobloc mit erhöhter thermischer Stabilität.

Bei der Massivumformung treten durch die Verfestigung der umgeformten Werkstoffe hohe Kräfte und somit hohe Werkzeugbeanspruchungen auf. Besonders im Bereich der Warmmassivumformung unterliegen die Werkzeuge ständig steigender Beanspruchung. Einerseits werden die Schmiedeteile aufgrund des ständigen Marktdrucks zur Einsparung von Gewicht und zur Minimierung des Zerspannungsaufwands immer komplexer. Andererseits werden – ebenfalls zur Gewichtsreduzierung – immer häufiger schwierig umzuformende Werkstoffe eingesetzt. Ein weiterer Aspekt ist der aus Gründen des Umweltschutzes zunehmende Einsatz von alternativen Sprühstoffen. Die wichtigsten Schädigungsmechanismen sind mechanische und thermische Ermüdung, plastische Deformation sowie Verschleiß in den hochbeanspruchten Werkzeugzonen.

Bei der Werkstoffwahl für Schmiedewerkzeuge geht es im Wesentlichen darum, den optimalen Kompromiss zwischen Zähigkeit, Verschleißbeständigkeit und Beständigkeit gegen thermische Ermüdung zu finden. Dabei ist nahezu jeder Einsatzfall individuell zu betrachten.

Anforderungen an Werkstoffe für Schmiedewerkzeuge

Grundsätzlich sind bei der Verwendung von Stählen als Werkstoff für Schmiedewerkzeuge folgende Fakten zu berücksichtigen:

- Der (Warm)Verschleißwiderstand von Werkzeugstählen wird im Wesentlichen von der Härte der vergüteten Stahlmatrix sowie von Menge und Verteilung der vorliegenden Hartstoffe – im Stahl sind das die Carbide – beeinflusst.
- Der Widerstand gegen plastische Deformation bei Einsatztemperatur ist direkt proportional zur jeweiligen Warmdehngrenze. Mechanische Ermüdungsfestigkeit ist – vereinfacht betrachtet – hauptsächlich eine Frage der Festigkeit, aber auch der Oberflächenbeschaffenheit des Werkzeugs und der Homogenität des Werkstoffs.
- Die thermische Ermüdung ist in der Praxis ein sehr komplexer Schädigungsmechanismus, der von vielen Werkstoffeigenschaften abhängt. Die thermische Stabilität des Werkstoffs, das heißt seine Warmhärte, steht

dabei im Vordergrund. Weitere bedeutende Einflussfaktoren sind Festigkeit und Zähigkeit. Von besonderer Bedeutung ist die Homogenität des Gefüges: Inhomogenitäten jeglicher Art wirken als Ausgangspunkte für die bekannten Brandrisse.

Stand der Technik

Die klassischen vergütbaren Werkzeugstähle für Schmiedewerkzeuge sind in einschlägigen nationalen und internationalen Normen wie DIN EN ISO 4957 und ASTM A681 definiert. Die niedrig legierten NiCrMoV-Stähle (zum Beispiel der 1.2714) sowie die Drei-Prozent- und Fünf-Prozent-CrMoV-Stähle (zum Beispiel 1.2885, 1.2343/44/67) erfüllen die Grundanforderungen meist sehr gut. Für spezifische Anwendungen wird allerdings zunehmend erhöhter Warmverschleißwiderstand und höhere thermische Stabilität gefordert. Hier kommen oft Legierungen aus dem Bereich der komplex legierten Schnellarbeitsstähle, zum Beispiel Matrix-Schnellarbeitsstähle, zum Einsatz. Insbesondere bei großen Schmiedewerkzeugen mit tiefen Gravuren erweist sich oft die begrenzte Durchvergütbarkeit und die damit

	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N	Thermische Stabilität	Zähigkeit Kleine Abmessungen	Zähigkeit Große Abmessungen
1.2343 (H11) ESU	0,38	1,1	0,4	4,9	1,3	0,4	-	★★	★★★★	★★
1.2344 (H13) ESU	0,39	1,1	0,4	5,2	1,4	0,9	-	★★★★	★★★★	★★
1.2367 ESU	0,38	0,4	0,4	5,0	2,9	0,6	-	★★★★★	★★	★
Optimierte Warmarbeitsstähle	0,36	0,3	0,4	5,1	2,0	0,6	-	★★★★	★★★★★	★★★★
W 350 ISOBLOC	0,38	0,2	0,5	5,0	1,8	0,6	def.	★★★	★★★★★	★★★★★
W 360 ISOBLOC	0,5	0,2	0,25	4,5	3,0	0,55	-	★★★★★	★★★★	★★

Bild 1: Chemische Zusammensetzung und Eigenschaftsprofile moderner Warmarbeitsstähle.

meist verbundene niedrige Zähigkeit der klassischen Fünf-Prozent-CrMoV-Warmarbeitsstähle als Hemmnis.

Je komplexer jedoch die Legierungssysteme der eingesetzten Werkzeugstähle werden, desto anfälliger werden sie für Seigerungen. Außerdem führen zum Beispiel legierungsbedingte Carbidausscheidungs- und -lösungsvorgänge zu umformtechnischen Problemen und erfordern unter Umständen extreme Einschränkungen des verfügbaren Umformfensters oder der Härtetemperaturen. Auch starkes Kornwachstum kann zum Problem werden. Besonders homogene Werkzeugstähle erreicht man durch die Anwendung anspruchsvoller Stahlherstellungsverfahren wie zum Beispiel Elektroschlacke-Umschmelzen oder Vakuumumschmelzen. Für die Legierungssysteme mit den höchsten Gehalten an eigenschaftsbestimmenden Legierungselementen bietet sich alternativ die kostenträchtige pulvermetallurgische Herstellung an.

Verbesserte CrMoV-Warmarbeitsstähle

Die Nachteile üblicher Warmarbeitsstähle lassen sich durch Modifikation der klassischen Legierungssysteme auf Basis von CrMoV-Stählen umgehen.

Ausgehend von den üblichen Eigenschaften der klassischen Fünf-Prozent-CrMoV-Warmarbeitsstähle wurden in den letzten Jahren zahlreiche optimierte Werkstoffe entwickelt. Böhler Edelstahl GmbH & Co KG entschied sich für zwei unterschiedliche Legierungsstrategien: Die neuen Werkstoffe mit den Bezeichnungen W350 Isobloc und W360 Isobloc weisen unterschiedliche, auf bestimmte Anforderungsprofile abgestimmte Eigenschaftskombinationen auf. Beide Warmarbeitsstähle werden nach herkömmlicher Erschmelzung im Elektrolichtbogenofen mit anschließender pfannenmetallurgischer Behandlung in einer Elektroschlacke-Umschmelzanlage umgeschmolzen. Sie sind daher hochrein und äußerst homogen.

Bild 1 zeigt die durchschnittliche Legierungslage im Vergleich mit den üblichen Normwerkstoffen und optimierten Warmarbeitsstählen sowie einen schematischen Vergleich wesentlicher Eigenschaftsmerkmale wie thermische Stabilität und Zähigkeit. Während mit dem W350 Isobloc ein Werkstoff mit exzellenter Durchvergtbarkeit auf Basis des optimierten Legierungssystems Fünf-Prozent-CrMoV entwickelt wurde, zielt das Legierungssystem des höhergekohten W360 Isobloc vor allem auf höchste thermische Stabilität.

Der Werkstoff W350 Isobloc

Dieser Warmarbeitsstahl ist ein im Siliciumgehalt reduzierter Fünf-Prozent-CrMoV Stahl mit moderater thermischer Stabilität im Niveau der bekannten Stähle 1.2343 und 1.2344. Eine metallurgisch exakt ausbalancierte Zusammensetzung insbesondere bezüglich des Verhältnisses von C und N sowie der Carbidgebner Mo und V führt zu hoher Zähigkeit über große Bereiche der beim Härten technisch realisierbaren Abkühlgeschwindigkeiten. Somit ist der neue Stahl die bevorzugte Wahl für groß dimensionierte Werkzeuge mit massiven Querschnittsbereichen oder für Werkzeuge, die anlagen- oder verzugsbedingt nur mit sehr geringen Abkühlgeschwindigkeiten gehärtet werden können.

Bild 2 zeigt den Effekt unterschiedlicher Kühlparameter beim Härten verschiedener, auf 44 HRC vergüteter Warmarbeitsstähle auf die dabei erzielbare Kerbschlagbiegearbeit. Der bei Fünf-Prozent-CrMoV-Stählen übliche starke Abfall der Kerbschlagbiegearbeit bei Werkzeugdicken über zirka 200 mm ist beim W350 Isobloc deutlich geringer ausgeprägt.

Ein in gewissen Anwendungsfällen zusätzlich nutzbarer Vorteil des niedrigen Si-Gehalts ist die gegenüber den höher Si-haltigen Stählen (zum Beispiel 1.2343 und 1.2344) um etwa 10 Prozent höhere Wärmeleitfähigkeit im Temperaturbereich bis etwa 300 °C.

Der Werkstoff W360 Isobloc

Dieser neue Werkstoff ist ebenfalls ein Fünf-Prozent-CrMoV-Stahl. Dank seines höheren C-Gehalts weist er eine verbesserte Anlassbeständigkeit und ein klassisches Vergütungsstahlgefüge mit einem hohen Anteil an Carbiden auf. Daraus ergibt sich ein deutlicher Vorteil bezüglich Warmhärte und Erweichungsverhalten im Bereich der üblichen Anwendungstemperaturen. Im rechten Teilbild von Bild 3 ist das Erweichungsverhalten des W360 Isobloc bei Ausgangshärten von 51 beziehungsweise 57 HRC jenem der warmfesten Stähle 1.2885 und 1.2367 mit einer Härte von jeweils 51 HRC gegenübergestellt. Die Versuchstemperatur betrug 600 °C. Der Vorteil des W360 Isobloc in Bezug auf das Erweichungsverhalten wird dabei sehr deutlich.

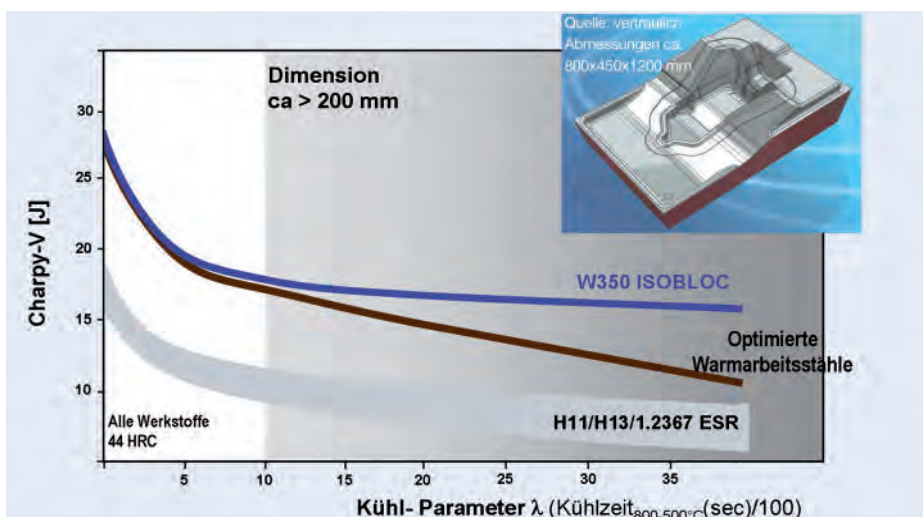


Bild 2: Einfluss des Kühlparameters auf die Kerbschlagbiegearbeit beim Härten von Warmarbeitsstählen.

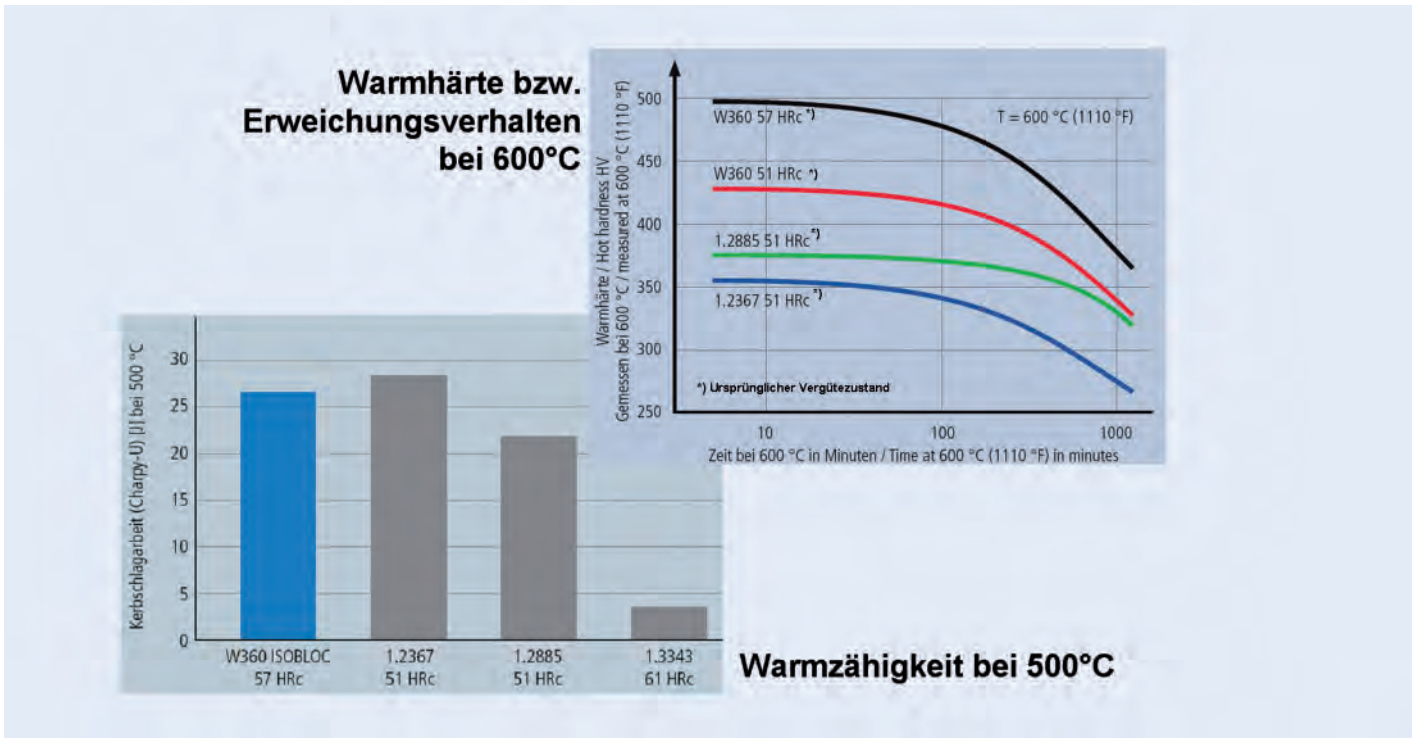


Bild 3: Erweichungsverhalten und Warmhärte des W360 Isobloc im Vergleich zu anderen Warmarbeitsstählen.

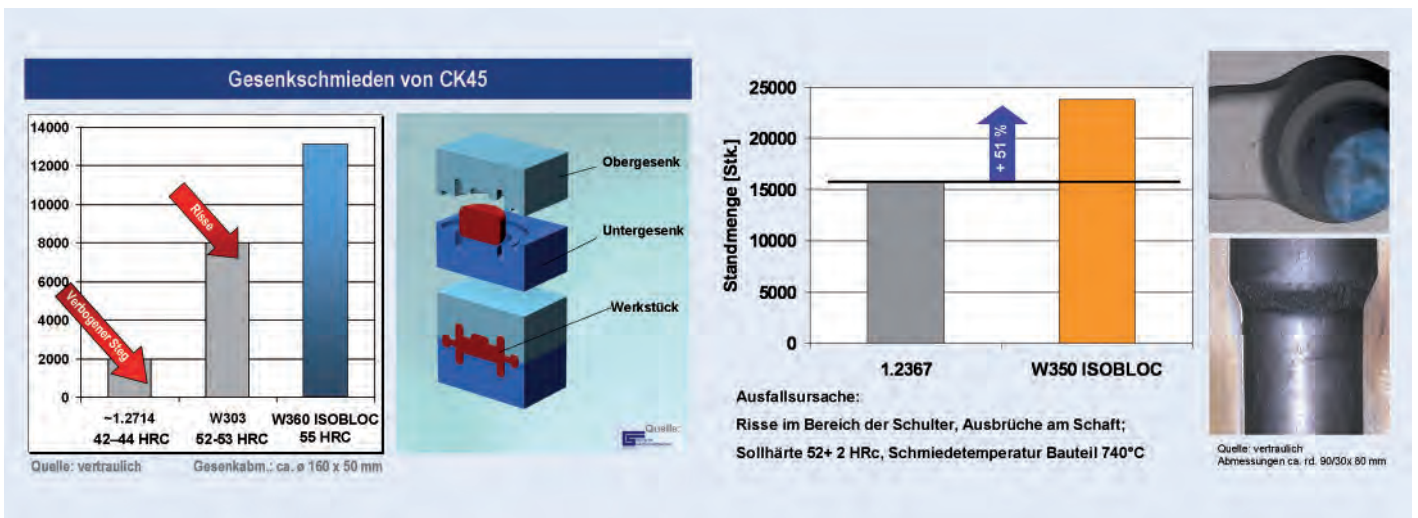


Bild 4: Standmengenvergleich von Schmiedewerkzeugen aus W360 Isobloc und W350 Isobloc mit anderen Warmarbeitsstählen.

Bilder: Autoren

Im linken Teilbild werden Ergebnisse von Kerbschlagbiegeversuchen bei 500 °C an unterschiedlichen Werkzeugstählen verglichen. Die Kerbschlagbiegearbeit des W360 Isobloc liegt – bei einer Ausgangshärte von 57 HRC – auf vergleichbarem Niveau wie die der klassischen warmfesten Warmarbeitsstähle 1.2367 und 1.2885. Letztere haben allerdings eine deutlich niedrigere Ausgangshärte von jeweils 51 HRC. Gleichzeitig liegt die Zähigkeit des W360 Isobloc deutlich höher als die des klassischen Schnellarbeitsstahls 1.3343 bei 61 HRC.

Anwendungsvorteile

Ausgehend von den speziellen Eigenschaftsprofilen der neuen Warmarbeitsstähle W350 Isobloc und W360 Isobloc waren auch im

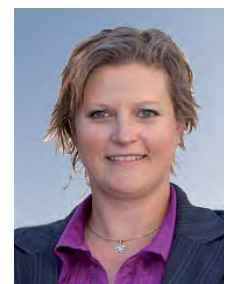
praktischen Einsatz Vorteile zu erwarten. Bild 4 zeigt die bei Pilotversuchen mit verschiedenen Gesekwerkstoffen erzielten Standmengen für zwei unterschiedliche Schmiedeteile. Das linke Teilbild stellt die beim Gesekschmieden von Getriebeteilen aus Ck45 erreichten Standmengen dar. Der klassische Werkstoff 1.2714 wies bei der üblichen Härte von 42-44 HRC eine zu geringe Warmfestigkeit mit der Folge frühzeitiger Werkzeugausfälle aufgrund plastischer Deformation im Stegbereich auf. Der warmfeste Warmarbeitsstahl W303 (1.2367) mit 52-53 HRC fiel dagegen durch von Brandrissen ausgehende Rissbildung aus.

Das rechte Teilbild zeigt Ergebnisse von Versuchen bei der Halbwarmumformung. Die kritischen Zonen des Werkzeugs liegen im

Bereich einer eingearbeiteten Schulter und im Übergang zur Schaftzone. Hier kommt es frühzeitig zu Rissen und Ausbrüchen. Mit dem W350 Isobloc konnte im Vergleich zum 1.2367 eine um 51 Prozent höhere Standmenge erzielt werden.



Johann Mayerhofer



Silvia Zinner