

Autor: Ingolf Schruff, Fotos: Kind & Co.

# Für druckgegossene Strukturteile

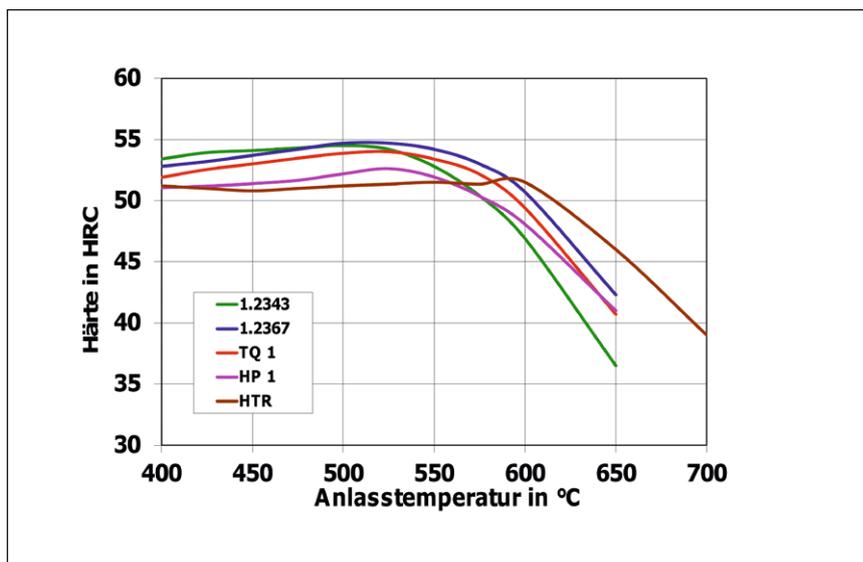
## Warmarbeitsstähle für besonders anspruchsvolle Druckgießformen

Bezeichnung		Legierungsgehalt in Gew.-%									
W.-Nr.	Marke	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Nb
1.2343	USN	0,37	1,00	0,40	≤ 0,020	≤ 0,005	5,20	1,20	0,40	---	---
1.2344	USD	0,40	1,00	0,40	≤ 0,020	≤ 0,005	5,20	1,30	1,00	---	---
1.2367	RPU	0,38	0,40	0,40	≤ 0,020	≤ 0,005	5,00	3,00	0,50	---	---
---	TQ 1	0,36	0,25	0,40	≤ 0,012	≤ 0,003	5,20	1,90	0,55	---	---
---	HP 1	0,35	0,20	0,30	≤ 0,012	≤ 0,003	5,20	1,40	0,55	---	+
---	HTR	0,32	0,20	0,30	≤ 0,015	≤ 0,003	2,20	1,20	0,50	3,80	--

**Tabelle 1:** Chemische Zusammensetzungen von Warmarbeitsstählen für Druckgießformen.

Der vorliegende Bericht geht auf die Anforderungen an die Warmarbeitsstähle für Druckgießformen ein und beschreibt, ausgehend von den Standardstählen, die im Hause Kind & Co., Edelstahlwerk, KG, Wiehl, entwickelten Sonder-Warmarbeitsstähle.

Druckgussteile aus Aluminium oder Magnesium sind zu einem festen Bestandteil des Alltags geworden. Gehäuse von Elektromotoren, Getriebegehäuse von Fahrzeugen, Bratpfannen, Gehäusekomponenten von Computern und Telekommunikationsgeräten oder auch Rolltreppeinstufen sind typische Produkte, die im Druckguss aus Leichtmetall hergestellt werden. Seit einigen Jahren werden jedoch auch immer häufiger Strukturteile von Autokarosserien im Druckguss erzeugt. Dies sind u. a. Türen, Instrumententräger, Federbeinstützen, Längsträger sowie Konsolen. Derartige Komponenten stellen nicht nur wegen ihrer Größe und oftmals auch diffizilen Geometrie große gießtechnische Herausforderungen dar. Vielfach weisen derartige Teile Sichtflächen oder Anlageflächen für die spätere Montage auf, an deren Oberflächenbeschaffenheit höchste Anforderungen gestellt werden. Die Eigenschaftspaletten der oftmals als Standard-Formenstahl eingesetzten, genormten Warm-



**Bild 1:** Das Anlassverhalten von Warmarbeitsstählen.

arbeitsstähle der Wst.-Nr. 1.2343, 1.2344 oder 1.2367 reichen inzwischen nicht mehr in allen Fällen aus, um den besonderen Ansprüchen dieser höherwertigen Gussteile gerecht zu werden.

Aufgrund der komplexen Beanspruchung im Gießbetrieb müssen die für diese Druckgießformen geeigneten Warmarbeitsstähle über eine Kombination von hoher Anlassbeständigkeit, Warmfestigkeit, Thermoschockbeständigkeit und Warmzähigkeit verfügen,

um im Regelfall 100000 und mehr Druckgussteile mit hoher Qualität fertigen zu können. Für zahlreiche Gussteile stellen die Eigenschaftsprofile der Warmarbeitsstähle der Wst.-Nr. 1.2343, 1.2344 und 1.2367 eine ausreichende Basis für eine wirtschaftliche Fertigung dar. Nehmen jedoch Größe oder Komplexität der Gussteile zu oder steigen die Anforderungen an die Oberflächengüte der Gussteile (z. B. bei Sichtflächen), werden Warmarbeitsstähle mit optimierten Eigenschaften erforderlich.

### Warmarbeitsstähle mit besonders hoher Zähigkeit gegen frühzeitige Rissbildung

Eine besondere Herausforderung an die Gießtechnik, aber auch an die eingesetzten Formenstähle stellen Strukturbauteile aus der Kfz-Industrie dar. Zahlreiche Strukturbauteile wie Federbeinstützen oder Längsträger sind nicht nur großvolumige Gussteile, sie weisen auch aus Stabilitätsgründen zahlreiche Rippen auf, die jedoch zu hohen Spannungsspitzen in den Formeinsätzen führen. Nur Warmarbeitsstähle mit besonders hoher Zähigkeit können diese auftretenden Spannungsspitzen in ausreichender Weise ausgleichen und damit frühzeitiger Rissbildung vorbeugen.

Im Druckguss erzeugte Autotüren sind besonders gut geeignet, die Bedeutung einer hohen Zähigkeit zu veranschaulichen. Die rahmenartige Gestalt der Strukturbauteile bewirkt, dass nur ein verhältnismäßig kleines Volumen des Formeneinsatzes mit der Schmelze in Berührung kommt. Im Formenstahl stellen sich deshalb sehr inhomogene Temperaturverteilungen und hohe thermisch bedingte Spannungen ein. Diese thermischen Spannungen überlagern sich mit den mechanisch induzierten Spannungen im Gießbetrieb. In solchen Fällen reicht die Zähigkeit der genormten Warmarbeitsstähle nicht aus, um die Spannungen dauerhaft zu kompensieren und Risse zu verhindern. Eine hohe Wärmeleitfähigkeit trägt durch einen Temperatúrausgleich zum Spannungsabbau bei. Darüber hinaus kann mit einem Stahl mit hoher Wärmeleitfähigkeit die Zykluszeit verkürzt werden.

In großen Druckgießformen sind vielfach lange Fließwege der Schmelze unvermeidbar. Um eine Vorerstarrung der Schmelze während des Fließvorganges zu vermeiden, erhöhen viele Gießer die Gießtemperatur der Schmelze und steigern damit oftmals die thermischen Spannungen in den Formeinsätzen. Hohe Zähigkeit und hohe Wärmeleitfähigkeit können diese Spannungen reduzieren. Weisen die Gussteile zudem sichtbare oder lackierte Oberflächen auf, müssen die Formenstähle aber eine besonders hohe Beständigkeit gegen thermische Ermüdung aufweisen.

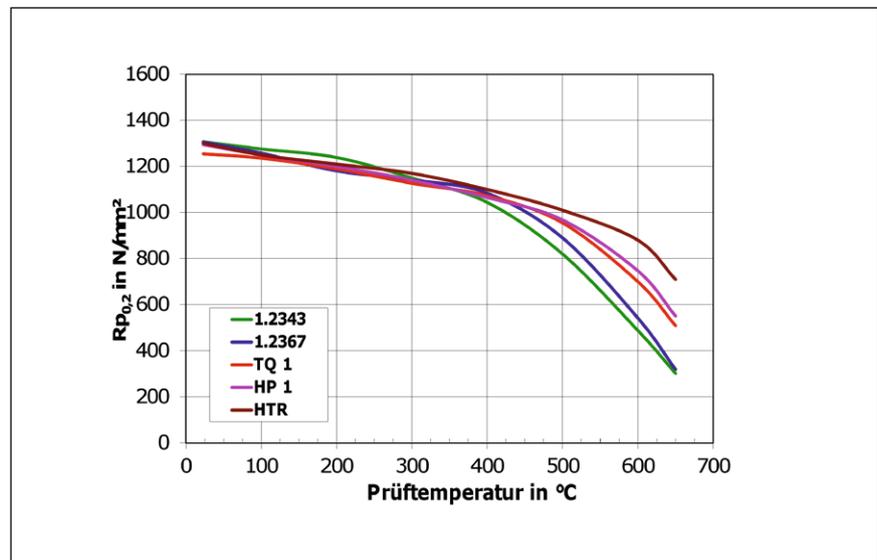


Bild 2: Die Warmfestigkeit von Warmarbeitsstählen.

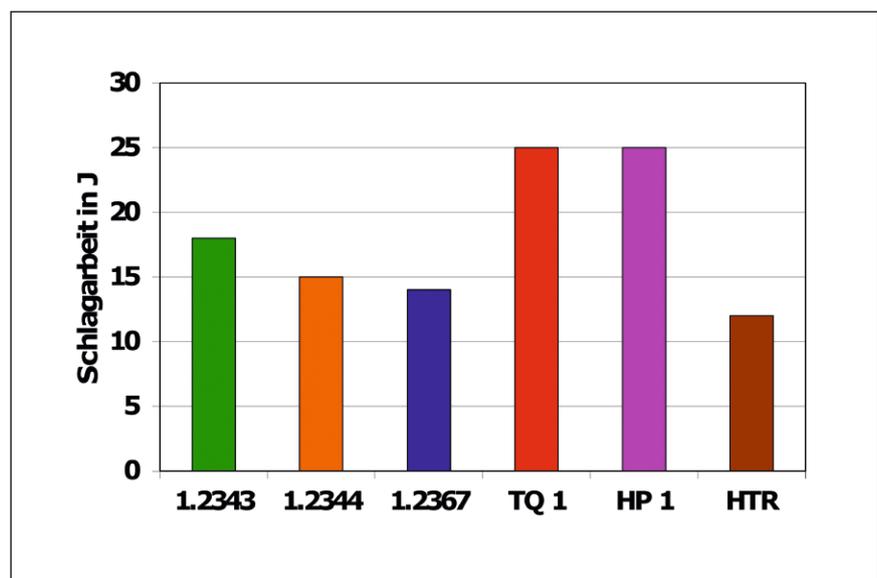
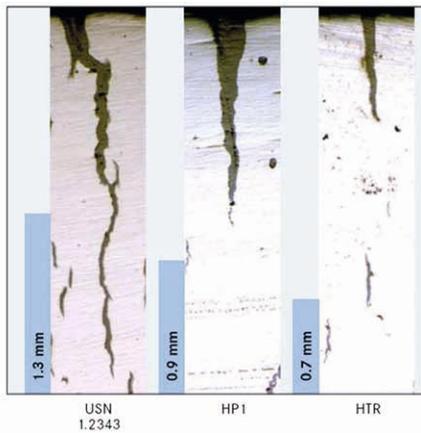


Bild 3: Die Zähigkeit von Warmarbeitsstählen.

### Spezialstähle mit verbesserten Eigenschaften

Die Tabelle 1 enthält die chemische Zusammensetzung der genormten Warmarbeitsstähle der Wst.-Nr. 1.2343, 1.2344 und 1.2367 sowie der Sonder-Warmarbeitsstähle TQ 1, HP 1 und HTR mit erhöhter Beständigkeit gegen thermische Ermüdung. Mit diesen speziell entwickelten Legierungen sollen die wesentlichen Eigenschaften wie Anlassbeständigkeit, Warmfestigkeit und Zähigkeit sowie Thermoschockbeständigkeit im Vergleich zu den genormten Stählen 1.2343 und 1.2367 dargelegt werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf die Darstellung des vielfach sehr ähnlichen Stahles Wst.-Nr. 1.2344 verzichtet.

Die Anlasskurven der Stähle (Bild 1) beschreiben u. a. den Widerstand der Stahlsorte gegen ein Erweichen im betrieblichen Einsatz der Formen. Je steiler die Anlasskurve eines Stahles abfällt, desto geringer ist seine Anlassbeständigkeit, desto empfindlicher reagiert der Stahl auf Erwärmungen im Gießbetrieb. Die Kurven belegen die gegenüber Wst.-Nr. 1.2343 bessere Anlassbeständigkeit des Stahles Wst.-Nr. 1.2367. Im technisch interessanten Bereich der Anlasstemperaturen oberhalb von 550°C erreichen TQ 1 und HP 1 nahezu dieselbe Anlassbeständigkeit wie Wst.-Nr. 1.2367. Der Sonderstahl HTR weist durch seinen hohen Wolframgehalt eine erheblich höhere Anlassbeständigkeit auf



**Bild 4:** Die Ausbildung und mittlere Länge von Thermoschockrisen an Proben aus unterschiedlichen Warmarbeitsstählen (Prüfbedingungen: Härte 45 HRC, 600 °C/ Wasser, 4000 Zyklen).

als die übrigen gezeigten Stähle. Bei Temperaturen über 400 °C heben sich die hier beschriebenen Sonderstähle TQ 1, HP 1 und HTR durch eine deutlich höhere Warmfestigkeit von den genormten Stählen ab (Bild 2).

Aus den bereits zuvor beschriebenen Gründen spielt die Zähigkeit der Stähle eine wichtige Rolle. Die Zähigkeitsni-

veaus der hier beschriebenen Stähle, gemessen in Kerbschlagbiegeversuchen an Querproben, sind in Bild 3 grafisch wiedergegeben. Gegenüber den Stählen Wst.-Nr. 1.2343, 1.2344 und 1.2367 fällt das um ca. 25% höhere Zähigkeitsniveau der beiden Stähle TQ 1 und HP 1 auf. Lediglich der besonders warmfeste Stahl HTR entwickelt eine deutlich niedrigere Zähigkeit. Aus diesem Grund ist die empfohlene Arbeitshärtigkeit für diesen Stahl auf max. 42 HRC begrenzt.

Für Gussteile mit besonders hoher Oberflächenqualität sind Formenstähle mit höchster Thermoschockbeständigkeit erforderlich. Die Thermoschockbeständigkeit der hier beschriebenen Stähle nimmt in der Reihenfolge Wst.-Nr. 1.2343 – 1.2344 – 1.2367 – HP 1, TQ 1 – HTR zu. Bild 4 stellt die typische Ausbildung und Länge von Thermoschockrisen an Laborproben im Thermoschockversuch (600 °C/Wasserabschreckung, 4000 Zyklen) dar.

Die Wärmeleitfähigkeit der Warmarbeitsstähle ist nicht nur für den Abtransport der Wärme aus den Kavi-

täten der Formen, sondern auch für den Abbau thermisch bedingter Spannungen verantwortlich. Die Tabelle 2 gibt die Werte der Wärmeleitfähigkeit der hier diskutierten Stähle wieder. Unter den genormten Warmarbeitsstählen erreicht Wst.-Nr. 1.2367 durch seinen hohen Molybdängehalt die höchste Wärmeleitfähigkeit, jedoch liegen TQ 1 und HP 1 nur knapp darunter. Die höchsten Werte der Wärmeleitfähigkeit weist HTR auf.

### Schlussfolgerungen

Aufgrund der beschriebenen Eigenschaftsprofile eignen sich die beiden Sonder-Warmarbeitsstähle TQ 1 und HP 1 hervorragend für solche Druckgießformen, in denen komplexe Teile mit höchsten Anforderungen an die Oberflächenqualität (z. B. Sichtflächen) hergestellt werden. Da sich diese Stähle in ihren Eigenschaften sehr ähneln, gilt die Empfehlung, den Stahl HP 1 für Formeinsätze mit Wanddicken bis zu ca. 150 mm zu verwenden, bei größeren Wanddicken sollte TQ 1 der Vorzug gegeben werden. Für den besonders warmfesten und wärmeleitenden Stahl HTR gilt die Empfehlung, diesen nur für kleine Teileinsätze in thermisch hoch beanspruchten Bereichen zu verwenden. Zähigkeitsbedingt sollte seine Arbeitshärtigkeit auf max. 42 HRC begrenzt sein. Auf diese Weise kann er in Bereichen mit größeren Massenanhäufungen im Gussteil zu einer verbesserten Wärmeabfuhr und zur Vermeidung von Lunkern beitragen.

*Dipl.-Ing. Ingolf Schruff, Kind & Co. Edelstahlwerk KG, Wiehl (Ingolf.Schruff@Kind-Co.de)*

Stahlbezeichnung		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in W/m • K		
Wst.-Nr.	Sorte	20 °C	200 °C	400 °C
1.2343	USN	26,8	27,8	27,3
1.2344	USD	25,5	27,1	27,7
1.2367	RPU	29,9	32,1	32,4
---	TQ 1	29,5	30,5	30,5
---	HP 1	29,8	31,0	31,4
---	HTR	35,2	34,6	33,0

**Tabelle 2:** Wärmeleitfähigkeit von Warmarbeitsstählen (Zustand: gehärtet und angelassen auf 45 HRC).

Weitere Informationen:  
[www.kind-co.de](http://www.kind-co.de)