

Kind & Co., Edelstahlwerk, GmbH & Co. KG



**Optimale Werkstoffauswahl
unter Berücksichtigung des Sprühverfahrens
Ingolf Schruff**

Kind & Co: Durchgängiger Fertigungsprozess

Erschmelzung

Schmieden

Wärmebe-
handlung

Vakuum
Härterei

Lager-
bestände

Mechanische
Bearbeitung



S E R V I C E

Gliederung

- Einleitung
- Beanspruchungen von Druckgussformen
- Generelle Anforderungen an Stähle für Druckgussformen
- Grundsätzliches zur Stahlauswahl für Druckgussformen
- Warmarbeitsstähle für Druckgussformen
- Aufgaben der Sprühkühlung
- Konventionelle Sprühkühlung und Stahlauswahl
- Minimalmengen-Sprühkühlung und Stahlauswahl
- Zusammenfassung

Einleitung



Druckguss:

- Effizientes Fertigungsverfahren
- Geeignet zur Fertigung großer Stückzahlen
- Hohe Präzision der Gussteile
- Geeignet für unterschiedlichste Produkte

Erfolgreiches Druckgießen erfordert leistungsfähige Druckgussformen, die unter Berücksichtigung von Gusswerkstoff, Teilegeometrie, Gießbedingungen und weiterer Anforderungen aus modernen Warmarbeitsstählen gefertigt und auf optimale Formenlebensdauer hin wärmebehandelt werden.

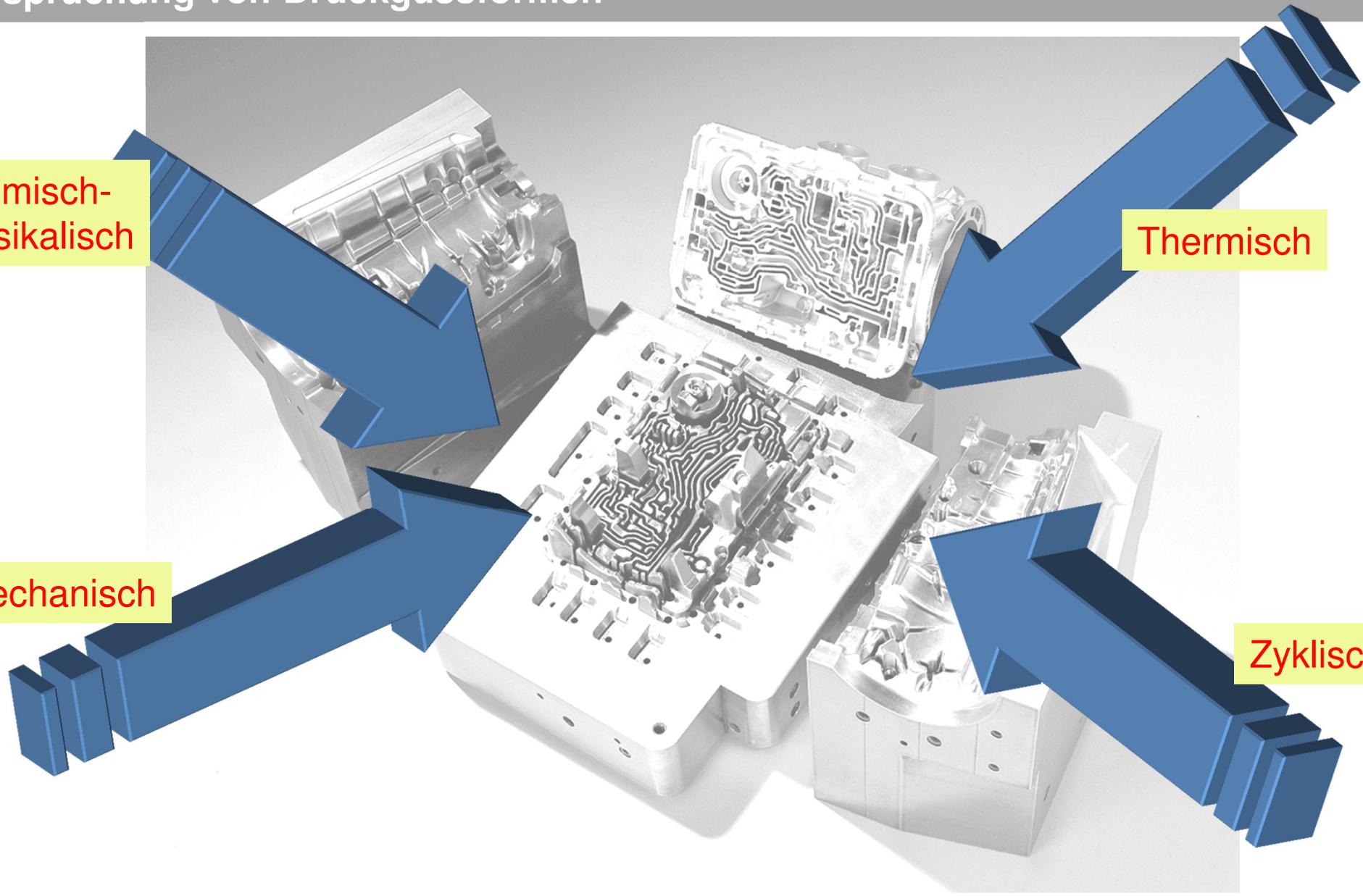
Beanspruchung von Druckgussformen

Chemisch-physikalisch

Thermisch

Mechanisch

Zyklisch



Thermische Beanspruchung von Druckgussformen

Gusslegierung	Dichte kg /dm ³	spez. Wärmekapazität kJ / (kg * K)	Prozesstemperatur °C	Übliche Gießleistungen Schuss
Aluminium (Al)	2,7	0,896	670 - 720	80.000 - 200.000
Magnesium (Mg)	1,7	1,017	650 - 700	150.000 - 300.000
Messing	8,6	0,384	950 - 1000	10.000 - 35.000
Zink (Zn)	7	0,387	410 - 450	500.000 - 2.000.000

Wärmemenge:

$$Q = c * m * \Delta T$$

Q: Wärmemenge

c: spezifische Wärmekapazität

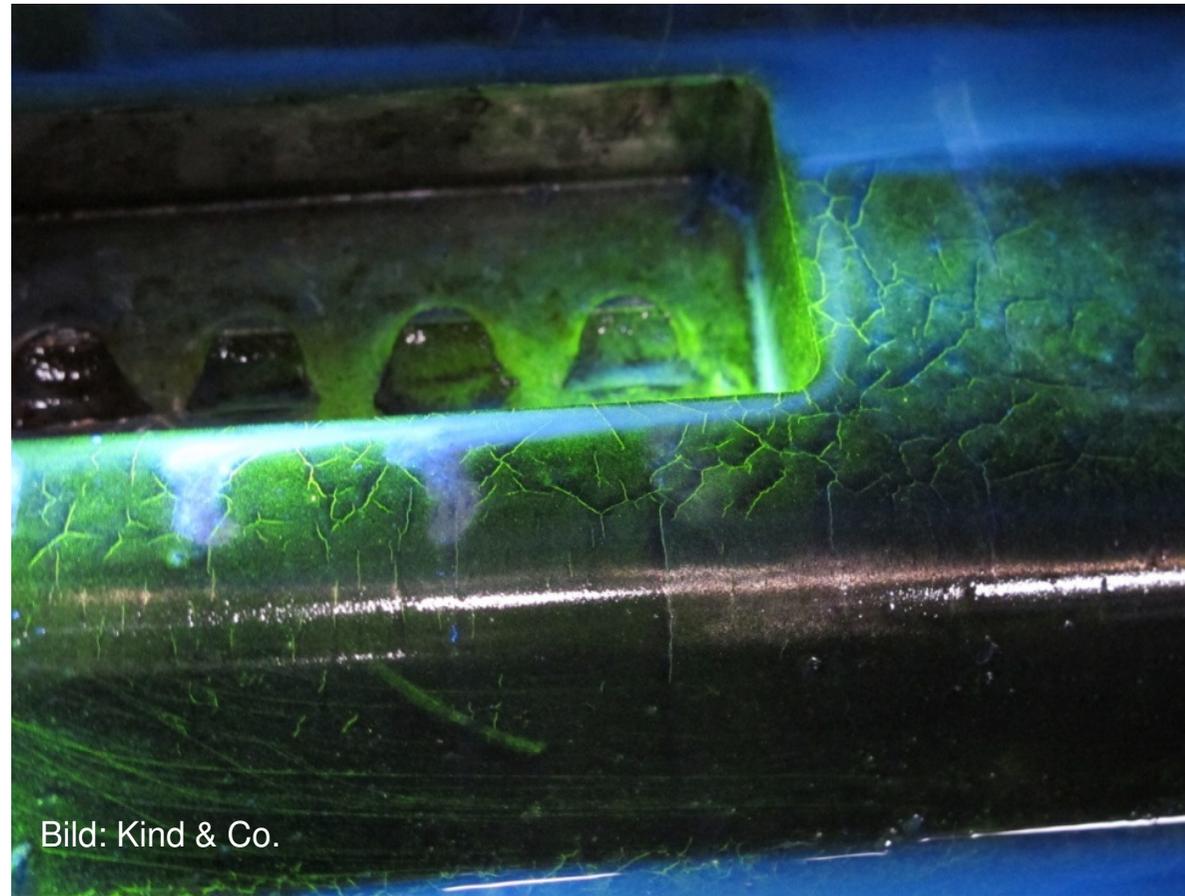
m: Masse

ΔT : Temperaturdifferenz

Thermische Beanspruchung von Druckgussformen

Wesentlich:

- Wärmeabgabe der Schmelze an die Form => starker kurzzeitiger Temperaturanstieg an der Formoberfläche
- Wärmefluss in die Form und in die Kühlkanäle
- Sprühkühlung => schroffer Temperatursturz an der Oberfläche
- zyklische Beanspruchung führt zu mechanisch-thermischer Ermüdung des Stahles



Thermoschockrisse auf der Oberfläche einer Druckgussform (Magnetpulverprüfung)

Generelle Anforderungen an Stähle für Druckgussformen

Warmarbeitsstähle für Druckgussformen sollten folgende Eigenschaften aufweisen :

- hohe Warmfestigkeit
- hohe Warmzähigkeit
- hohe Anlassbeständigkeit
- hohe Thermoschockbeständigkeit
- hohe Wärmeleitfähigkeit
- hohe Isotropie der Eigenschaften
- hoher Reinheitsgrad

Generelle Kriterien der Stahlauswahl für Druckgussformen



- Größe, Geometrie und Komplexität des Gussstückes
- Wandstärke des Gussstückes
- Oberflächenanforderungen (Sichtteil?)
- Geplante Stückzahl
- Gusswerkstoff

Voraussetzung für eine optimale Werkstoffauswahl ist eine weitgehende Analyse der zu erwartenden Formenbelastungen.

Grundsätzliches zur Stahlauswahl für Druckgussformen

Großvolumige Gussstücke

- Einströmen großer Mengen an Gusswerkstoff in kurzer Zeit,
- Vermeidung einer Vorerstarrung während der Füllphase der Form,
- Oftmals Gießen mit erhöhter Temperatur und erhöhtem Druck der Schmelze
- Hohes Zähigkeitspotenzial des Formenstahles erforderlich!

Ausgeprägte Höhensprünge in Gussteil oder Form

- Formeinsätze mit entsprechenden Volumenunterschieden
- Gefahr örtlicher Temperaturdifferenzen und entsprechender Spannungen in der Form
- Stähle mit hohem Zähigkeitspotenzial können diese Spannungen reduzieren
- Stähle mit hoher Wärmeleitfähigkeit können Temperaturunterschiede reduzieren.

Grundsätzliches zur Stahlauswahl für Druckgussformen

Gussstücke mit starken Verrippungen

- Rippen dienen der Festigkeit und Stabilität des Gussteils
- Entsprechende Vertiefungen in der Form stellen Kerben dar (Spannungsspitzen)
- Zusätzliches Spannungsrisiko bei Fertigung der Vertiefungen über Erodieren
- ☐ Sehr hohes Zähigkeitspotenzial kann Spannungsspitzen reduzieren!

Gussstücke mit sichtbaren Oberflächen

- Thermoschockrisse auf Formoberfläche werden beim Guss abgeformt
- Beeinträchtigung der ästhetischen Wirkung von Formoberflächen
- Mechanische Nacharbeit der Gussstücke kostenintensiv
- ☐ Stähle mit hoher Thermoschockbeständigkeit können Bildung und Fortschritt von Thermoschockrisen verzögern.

Grundsätzliches zur Stahlauswahl für Druckgussformen

Einfluss der Wandstärke des Gussteils

- Dickwandige Gussteile bringen eine verhältnismäßig hohe Wärmemenge in die Form ein
- Bei dünnwandigen Gussteilen besteht die Gefahr der vorzeitigen Erstarrung vor Abschluss des Füllvorganges, daher oftmals Einsatz erhöhter Gießtemperaturen und / oder Gießgeschwindigkeit
- Zu beachtende Werkstoffeigenschaften: Anlassbeständigkeit und Zähigkeit des Stahles.

Einfluss der Losgrößen

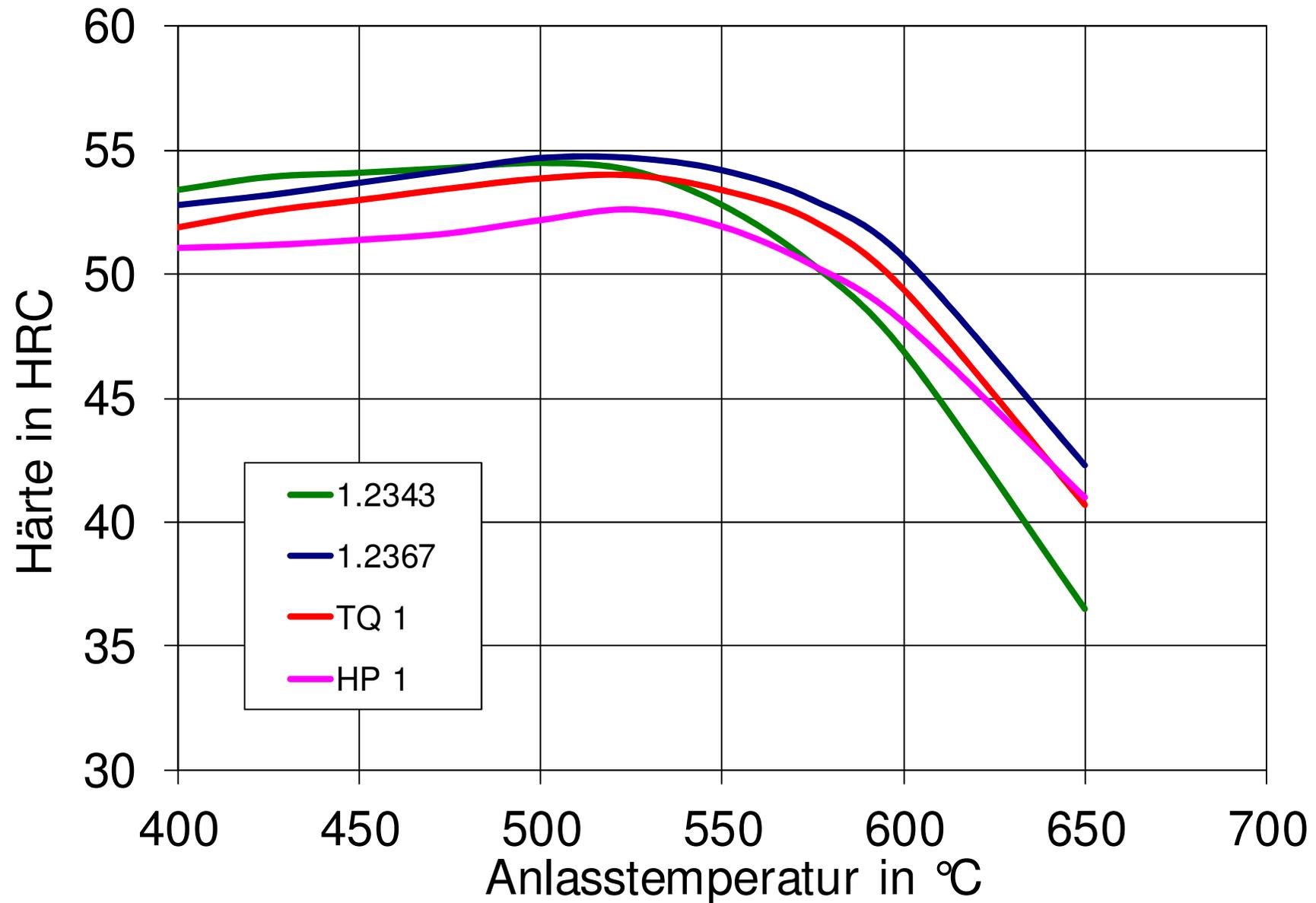
- Bei Kleinserien können unter Umständen die genormten Warmarbeitsstähle wie 1.2343, 1.2344 und 1.2367 in ESU-Ausführung ausreichen
- Großserien lassen den Einsatz von Sonder-Warmarbeitsstählen wie TQ 1 und HP 1 sinnvoll werden.

Warmarbeitsstähle für Druckgussformen

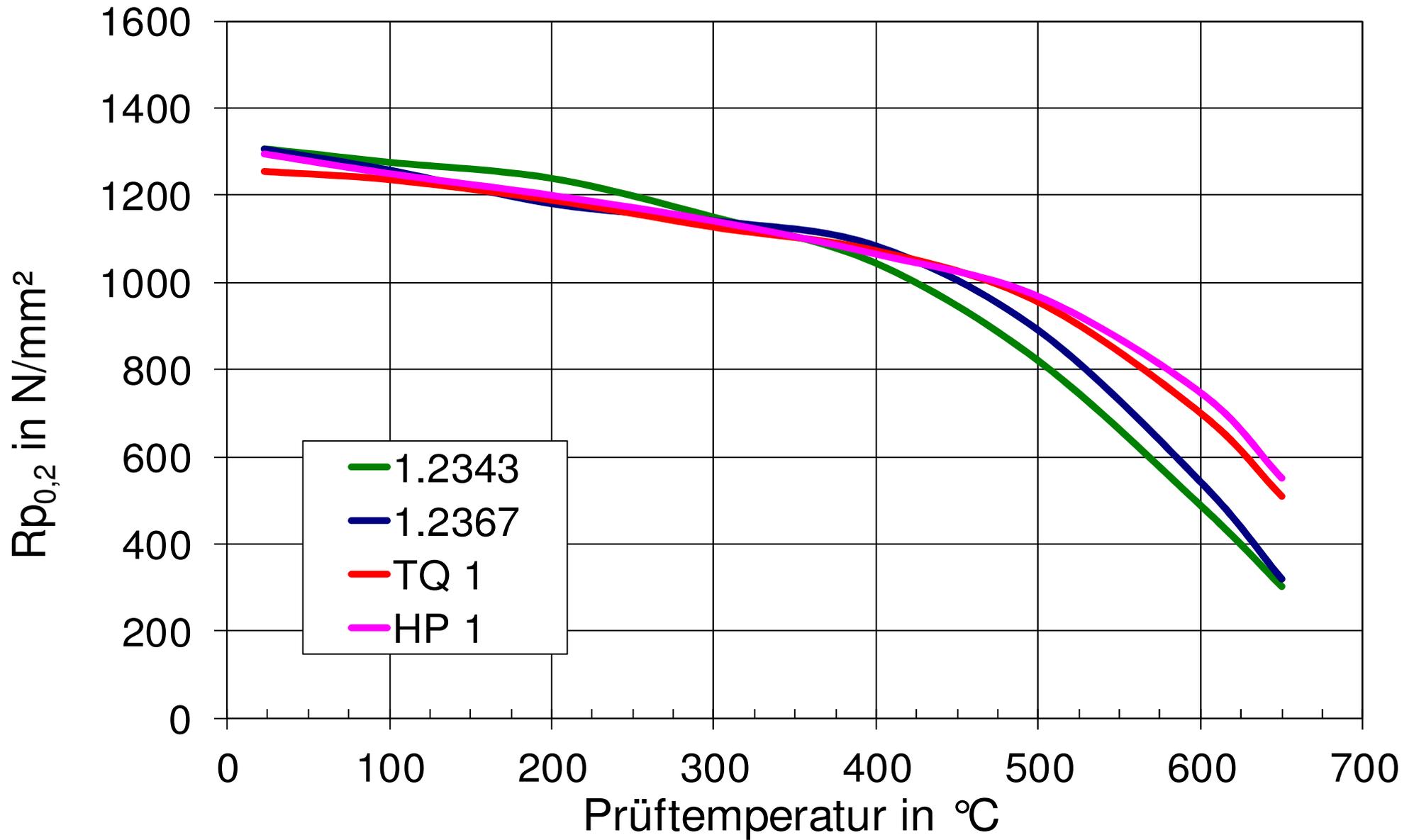
Stahlbezeichnung			Legierungsgehalt in Gew.-%								
W.-Nr.	Marke	Kurzname	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb
1.2343	USN	X37CrMoV5-1	0,38	1,00	0,40	≤ 0,020	≤0,005	5,20	1,20	0,40	---
1.2344	USD	X40CrMoV5-1	0,40	1,00	0,40	≤ 0,020	≤0,005	5,20	1,30	1,00	---
1.2367	RPU	X38CrMoV5-3	0,38	0,40	0,40	≤ 0,020	≤0,005	5,00	3,00	0,60	---
---	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	+

TQ 1 und HP 1 zeichnen sich durch drastisch abgesenkte Gehalte an P, S und schädlicher Spurenelemente aus

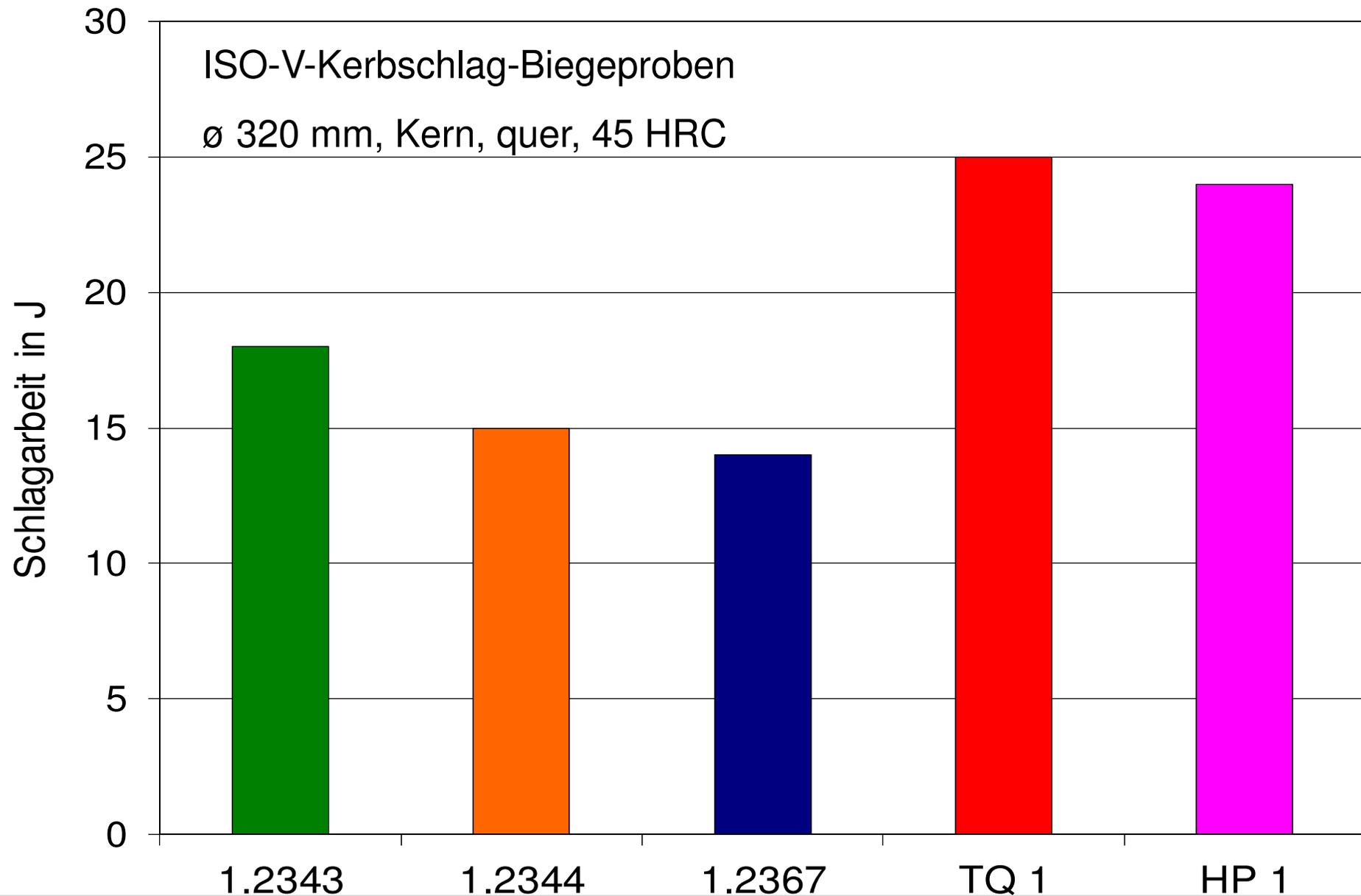
Warmarbeitsstähle für Druckgussformen - Anlassbeständigkeit



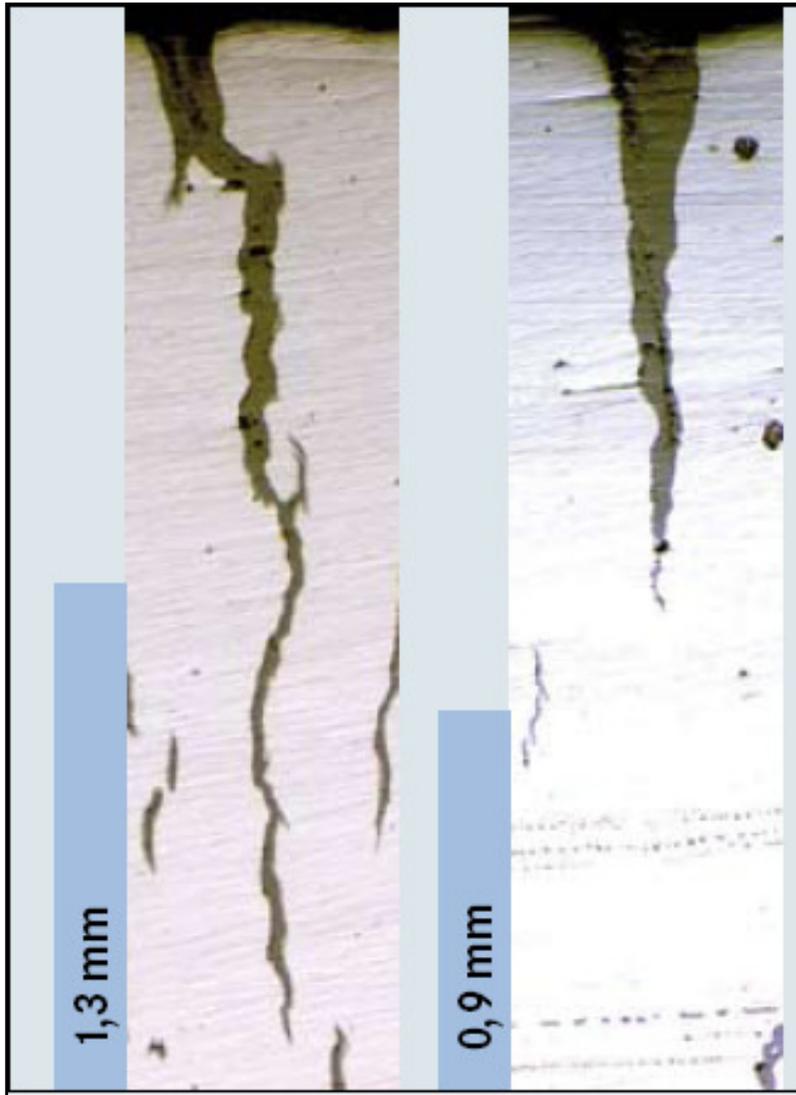
Warmarbeitsstähle für Druckgussformen - Warmfestigkeit



Warmarbeitsstähle für Druckgussformen - Zähigkeit



Warmarbeitsstähle für Druckgussformen - Thermoschockbeständigkeit



1.2343

TQ 1 / HP 1

Rissausbildung von Thermoschockrissen
auf Proben unterschiedlicher Warm-
arbeitsstähle

Prüfbedingungen:

Härte: 45 HRC

600 °C / Wasser, 4.000 Zyklen

Warmarbeitsstähle für Druckgussformen - Wärmeleitfähigkeit

Stahl	Wärmeleitfähigkeit in W/m*K		
	100 °C	400 °C	600 °C
1.2343	26,8	27,3	29,3
1.2344	26,3	27,7	29,6
1.2367	29,9	32,4	34,0
TQ 1	29,8	31,4	33,0
HP 1	29,5	30,5	31,5

Zustand: gehärtet und angelassen auf 45 HRC

Aufgaben der Sprühkühlung



Bild: www.aluguss.info

Auftragen eines Trennmittels auf die formgebende Kontur

- Vermeiden des direkten Kontakts zwischen Gusslegierung und Stahlform
- Leichtes Entformen des Gussstücks
- Vermeiden von Anhaftungen infolge Metallkorrosion

Konventionelle Sprühkühlung und Stahlauswahl



Bild: www.aluguss.info

- Die Verdunstung des Wassers des Wassers kühlt die formgebende Oberfläche der Form sehr rasch ab (Thermoschock)
- Bildung netzwerkartig ausgebildeter Thermoschockrisse auf der Formoberfläche

Auftragen eines wasserbasierten Trennmittels auf formgebende Konturen, z.B. 20 l pro Schuss

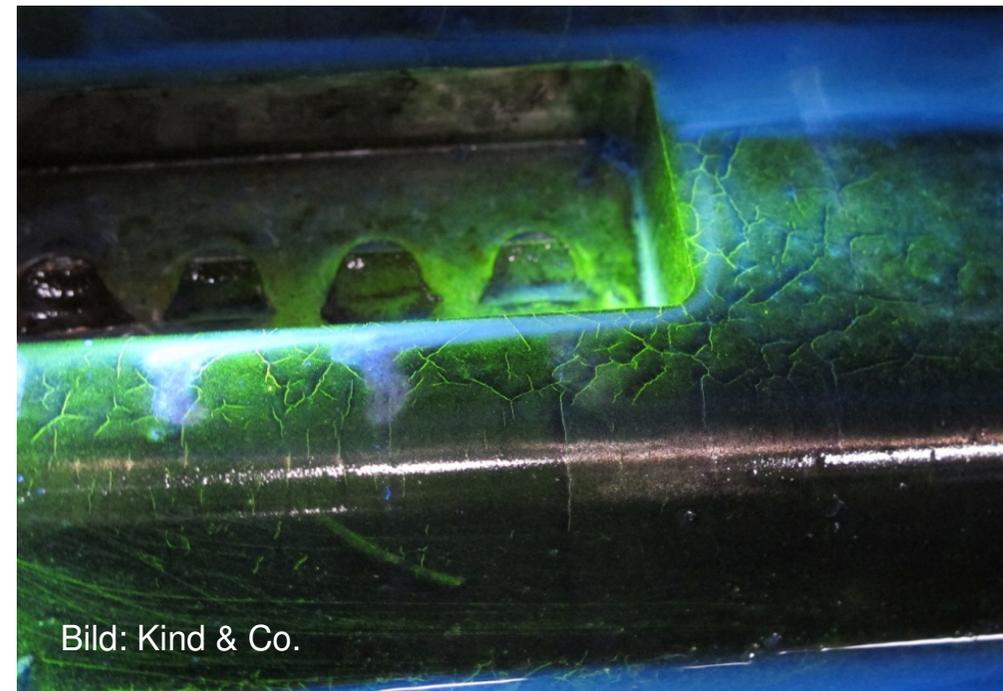


Bild: Kind & Co.

Konventionelle Sprühkühlung und Stahlauswahl



Thermoschockrisse auf den
Formenoberflächen reduzieren die
Lebensdauer der Formen

Thermoschockrisse auf den
Formenoberflächen reduzieren die
Qualität der Gussteile

Produktionskosten steigen!



Konventionelle Sprühkühlung und Stahlauswahl

Stahlbezeichnung			Legierungsgehalt in Gew.-%								
W.-Nr.	Marke	Kurzname	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb
1.2343	USN	X37CrMoV5-1	0,38	1,00	0,40	≤ 0,020	≤0,005	5,20	1,20	0,40	---
1.2344	USD	X40CrMoV5-1	0,40	1,00	0,40	≤ 0,020	≤0,005	5,20	1,30	1,00	---
1.2367	RPU	X38CrMoV5-3	0,38	0,40	0,40	≤ 0,020	≤0,005	5,00	3,00	0,60	---
---	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	+

Alle hier aufgeführten Warmarbeitsstähle sind geeignet für den Einsatz in Druckgussformen mit konventioneller Sprühkühlung.

Ihre Thermoschockbeständigkeit steigt in der Reihenfolge:

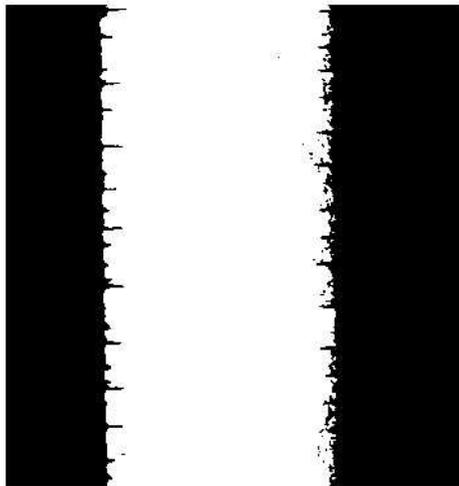
USN => USD => RPU => HP 1 / TQ 1

Konventionelle Sprühkühlung und Stahlauswahl

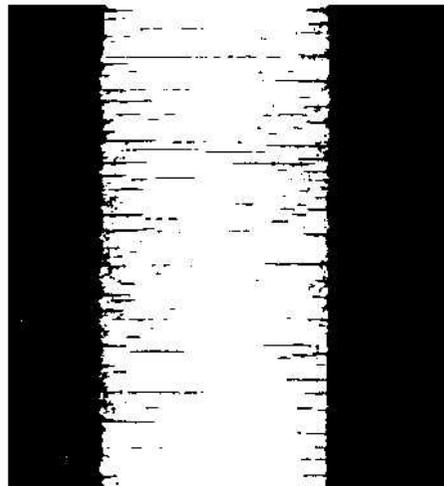
Stahl: 1.2344 ESU

Temperatur: 600 °C / Wasser - 4600 Zyklen

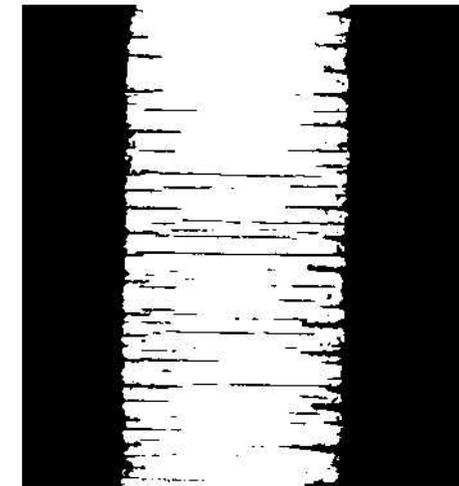
50 HRC



46 HRC



38 HRC

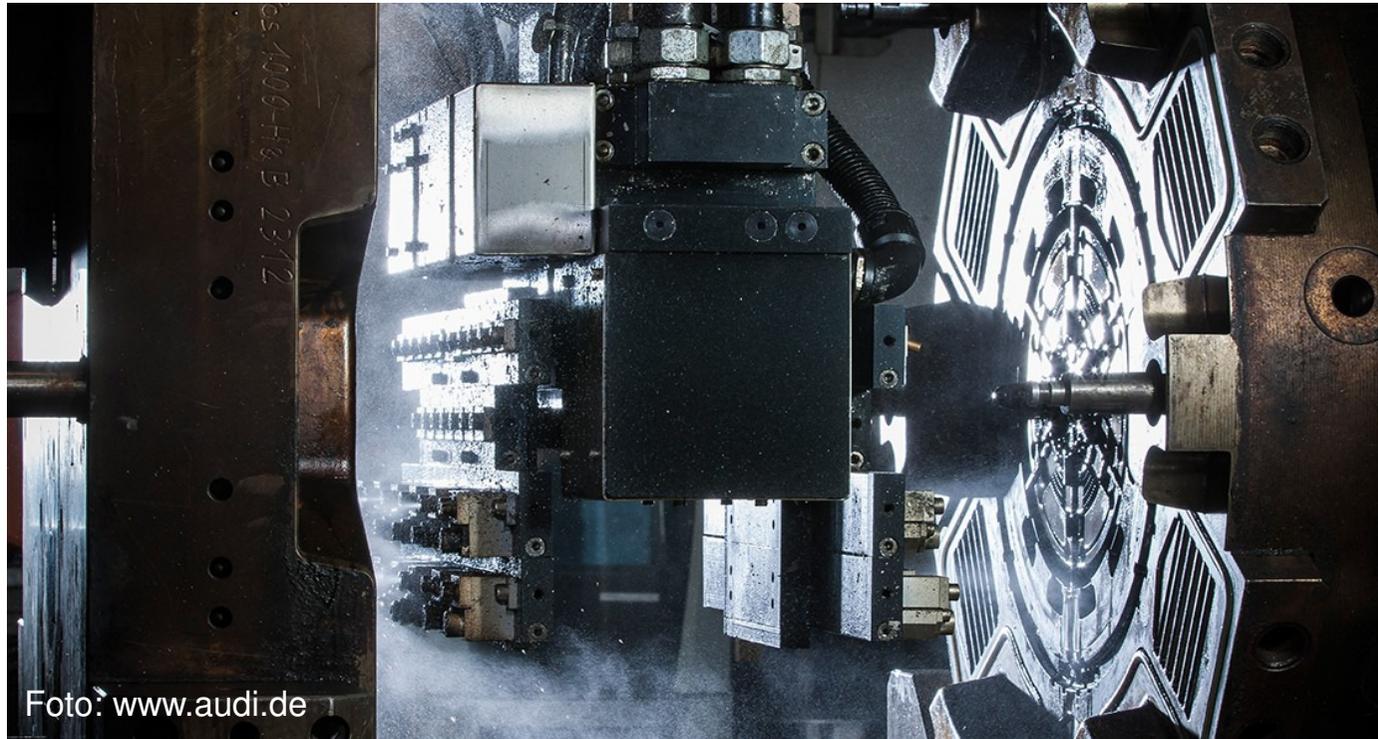


Steigende Härte bewirkt einen Anstieg der Zugfestigkeit und damit auch der Ermüdungsfestigkeit des Stahles.

Steigende Härte steigert die Thermoschockbeständigkeit

Steigende Härte reduziert die Zähigkeit.

Minimalmengen-Sprühkühlung und Stahlauswahl



Auftragen von nur wenigen Millilitern eines Trennmittels auf die formgebende Kontur

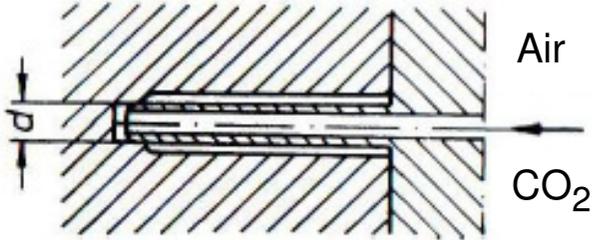
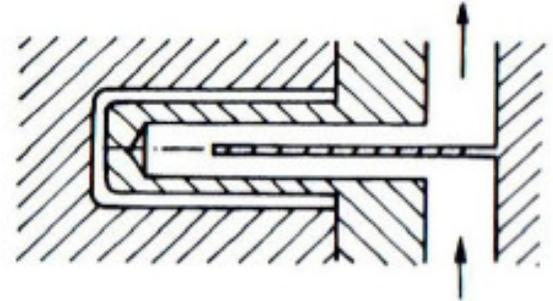
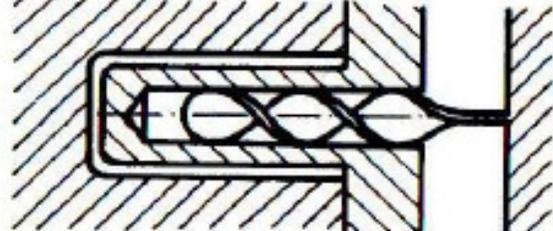
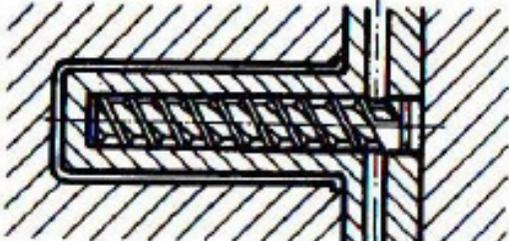
- Ausbildung einer Trennschicht zwischen Form und Gussstück
- Entfall der Verdampfung von Wasser, kein Thermoschock
- Notwendigkeit einer deutlich veränderten Wärmeabfuhr

Minimalmengen-Sprühkühlung und Stahlauswahl



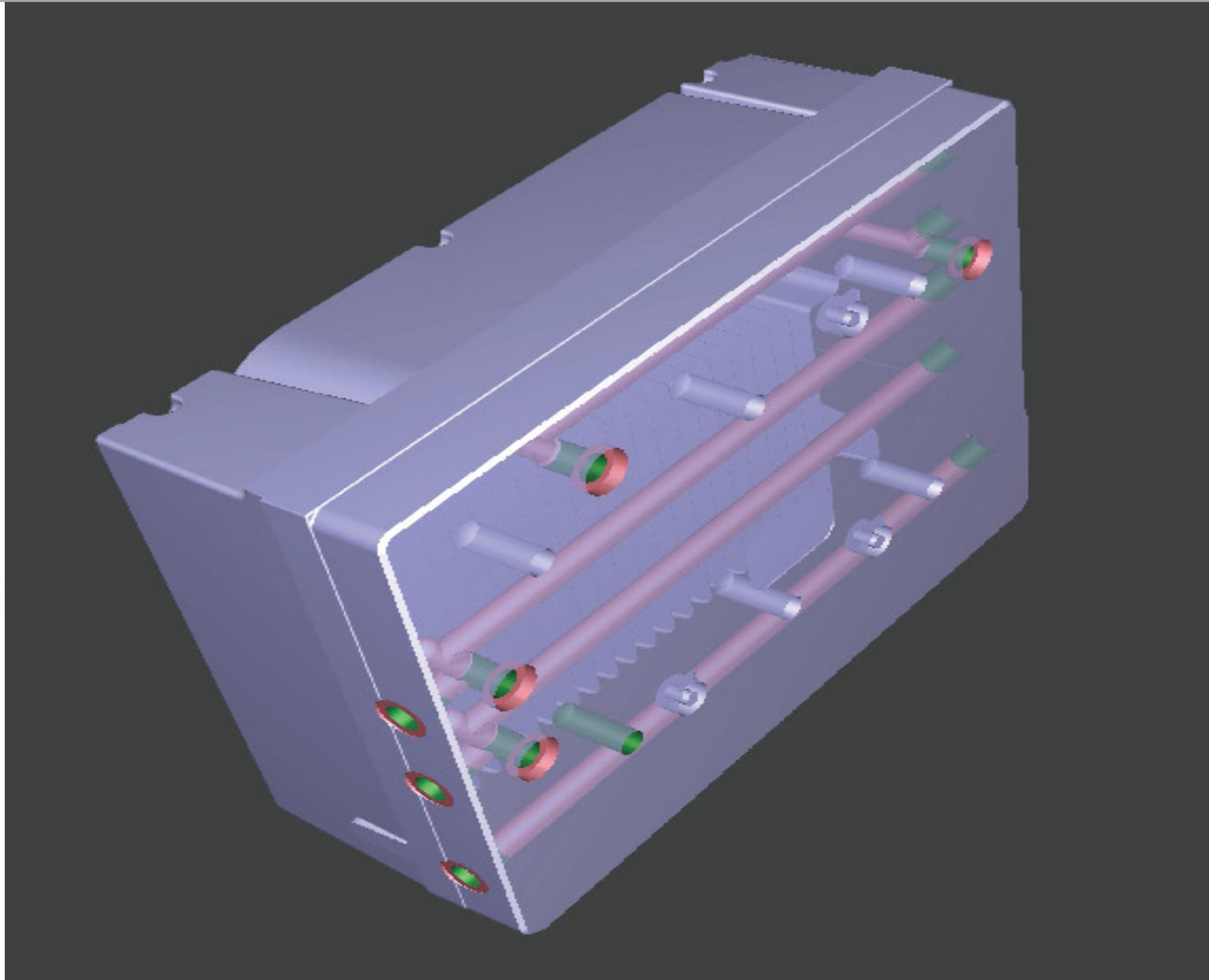
Zahlreiche Druckgusskomponenten weisen dekorative Oberflächen auf, an deren Ausprägung höchste Ansprüche gestellt werden

Minimalmengen-Sprühkühlung – Kühleinrichtungen

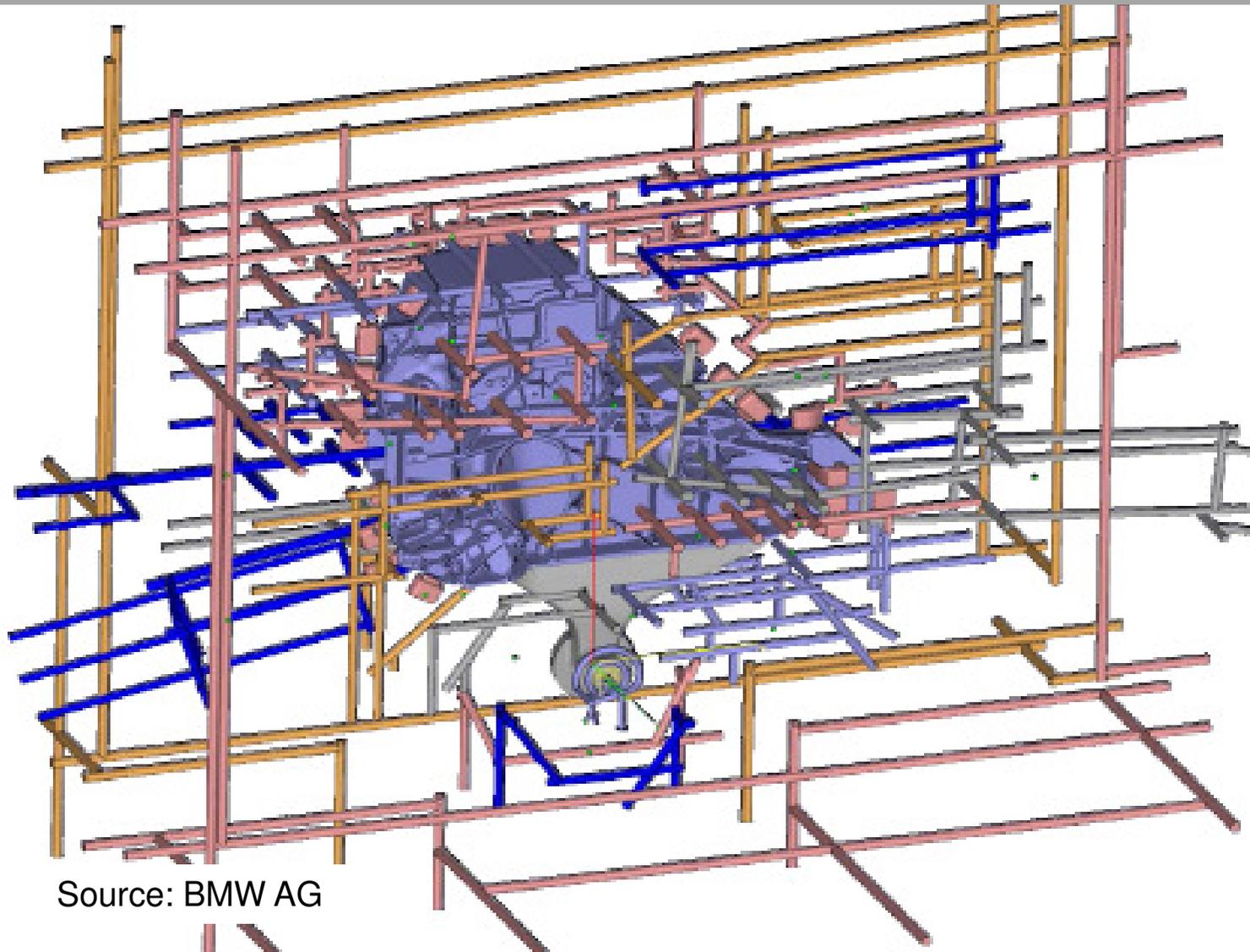
Air or CO ₂ Cooling	
Partition plate	
Partition plate, twisted	
Spiral core	

Quelle:
Österreichisches Giesserei Institut

Minimalmengen-Sprühkühlung – Veränderungen der Kühlsysteme

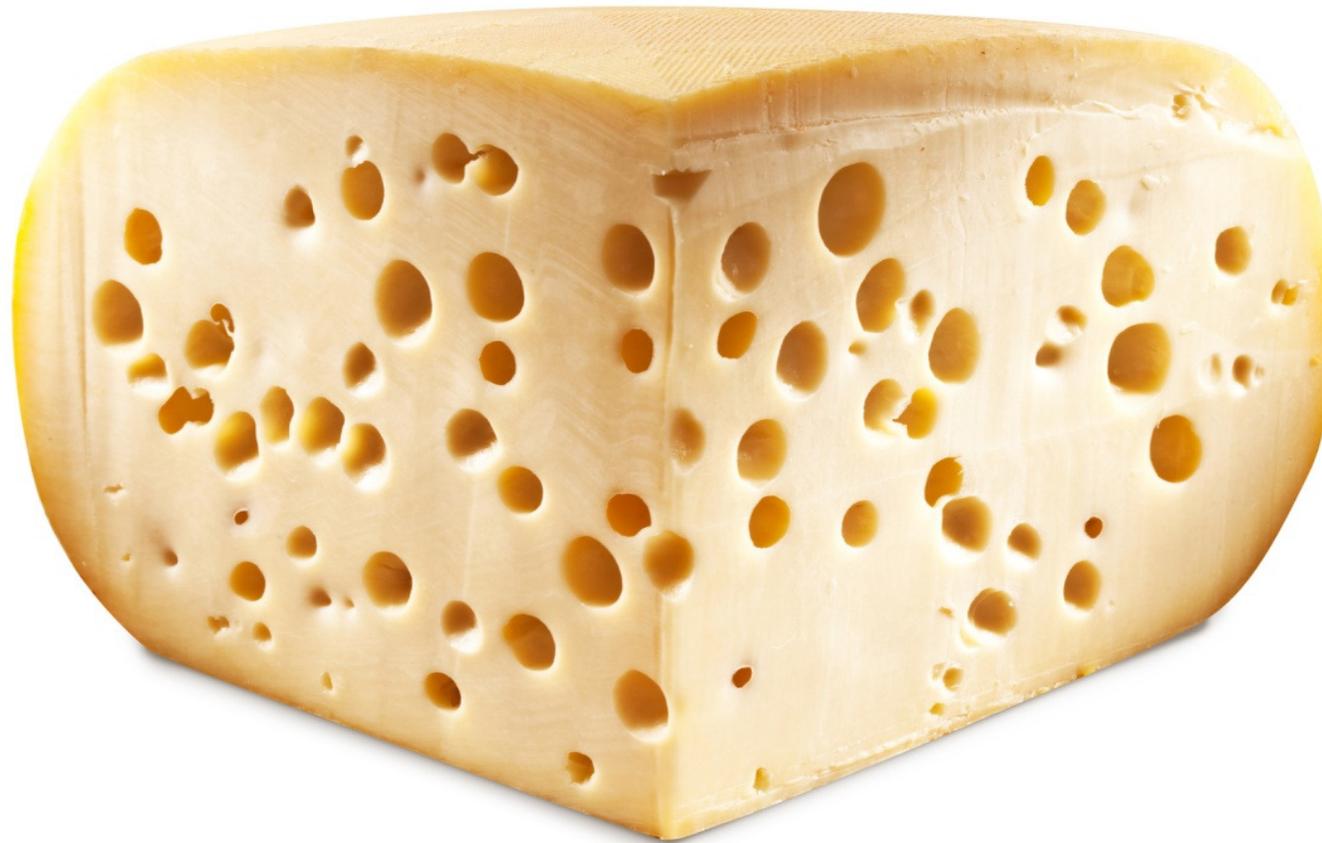


Minimalmengen-Sprühkühlung – Veränderungen der Kühlsysteme



Source: BMW AG

Minimalmengen-Sprühkühlung – Veränderungen der Kühlsysteme



Minimalmengen-Sprühkühlung und Stahlauswahl

Das Minimalmengen-Sprühen führt zu einer erhöhten Formtemperatur.

Für einen effizienten Druckgießprozess und eine gute Formenleistung wird empfohlen:

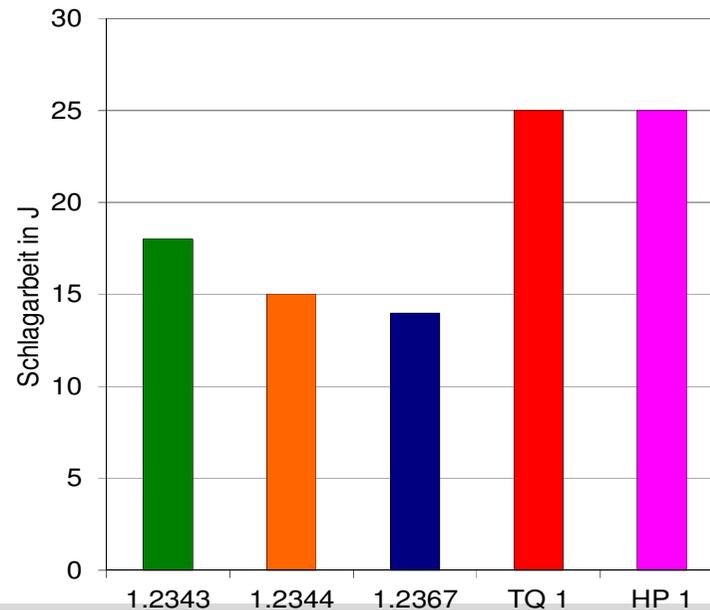
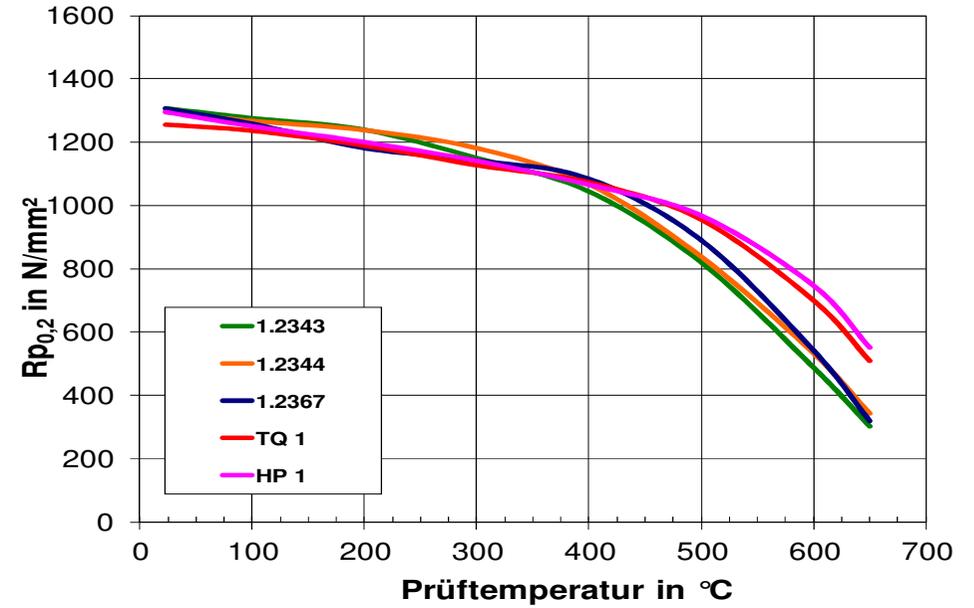
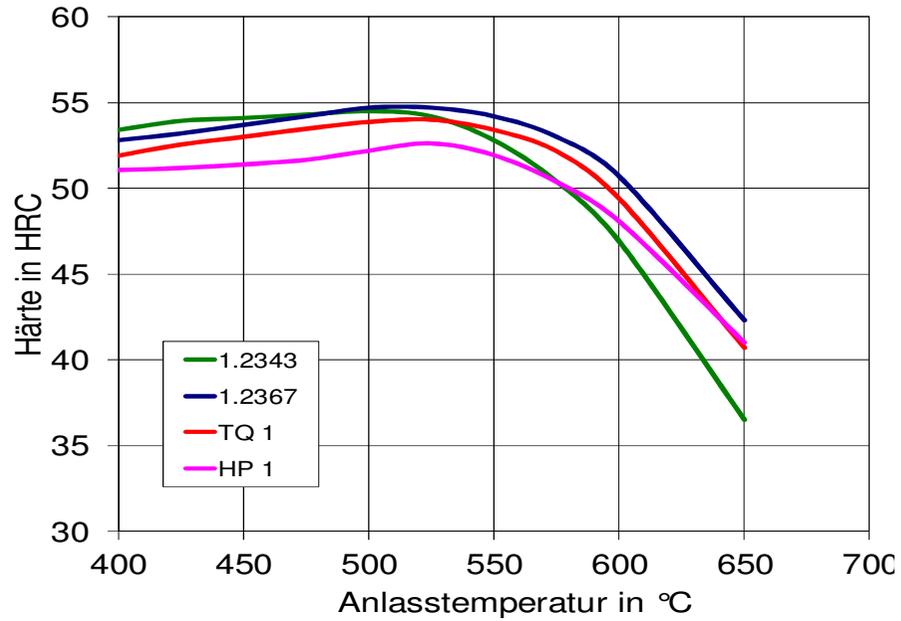
- Einsatz von Stählen mit verbesserter Wärmeleitfähigkeit zur besseren Wärmeabfuhr,
- Einsatz von Stählen mit verbesserter Anlassbeständigkeit zum Vermeiden eines ungewollten Erweichens
- Einsatz von Stählen mit verbesserter Zähigkeit, um mechanische und thermische Spannungen zu kompensieren.

Minimalmengen-Sprühkühlung und Stahlauswahl

Stahlbezeichnung			Legierungsgehalt in Gew.-%								
W.-Nr.	Marke	Kurzname	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb
1.2343	USN	X37CrMoV5-1	0,38	1,00	0,40	≤ 0,020	≤0,005	5,20	1,20	0,40	---
1.2344	USD	X40CrMoV5-1	0,40	1,00	0,40	≤ 0,020	≤0,005	5,20	1,30	1,00	---
1.2367	RPU	X38CrMoV5-3	0,38	0,40	0,40	≤ 0,020	≤0,005	5,00	3,00	0,60	---
---	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	+

Für die Verwendung in Druckgießformen mit Minimalmengen – Sprühkühlung bieten sich besonders die Stähle TQ 1 und HP 1 an.

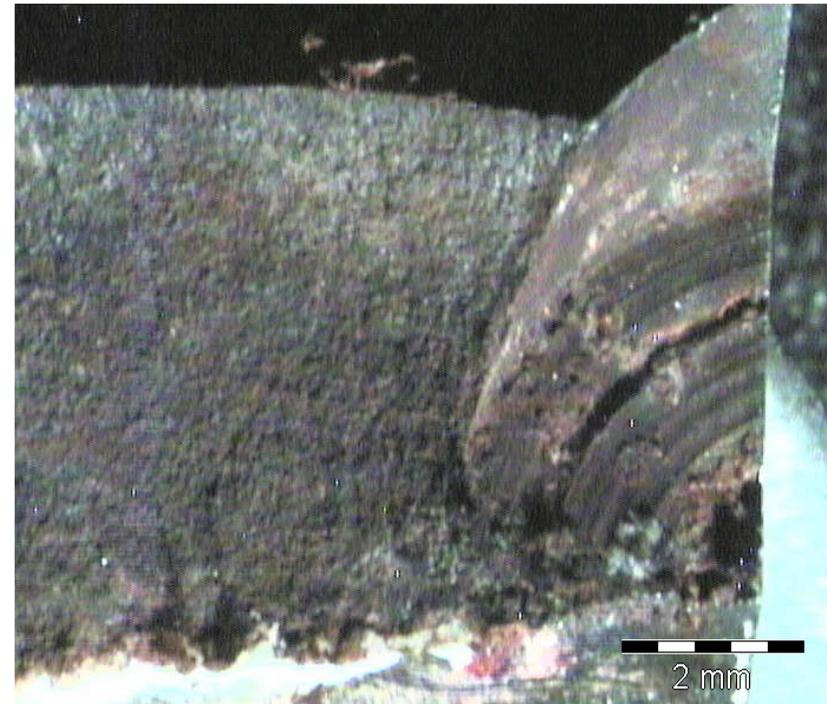
Minimalmengen-Sprühkühlung und Stahlauswahl



Minimalmengen-Sprühkühlung und Stahlauswahl



Bei geringen Abständen der Kühlungen zur Formenoberfläche besteht bei Wasserkühlungen die Gefahr korrosionsbedingter Leckagen!



Zusammenfassung

Die Stahlauswahl für Druckgussformen wird von zahlreichen Faktoren bestimmt.

- Der ausgewählte Stahl muss im wärmebehandelten Zustand die im Gießbetrieb auftretenden Beanspruchungen schadlos aufnehmen.
- Wesentliche Werkstoffeigenschaften der Warmarbeitsstähle sind Härte, Anlassbeständigkeit, Warmfestigkeit und Zähigkeit sowie Thermoschockwiderstand.

Die Sprühkühlung hat großen Einfluss auf den Zustand der Formoberfläche.

- Konventionelle Sprühkühlung ruft durch schlagartige Verdampfung von Wasser Thermoschockrisse hervor.
- Die Minimalmengen-Sprühkühlung vermeidet die schlagartige Wasserverdampfung, erfordert jedoch modifizierte Kühlkonzepte.
 - Infolge des Anstiegs der Formtemperatur wird die Verwendung weiterentwickelter Sonder-Warmarbeitsstähle wie TQ 1 oder HP 1 empfohlen. Diese verfügen über verbesserte mechanisch-technologische Eigenschaften.
 - Mit geringer werdendem Abstand der Kühlkanäle von der Kavität gewinnen Korrosionsschutz-Maßnahmen im Kühlwassersystem an Bedeutung.

Kontakt

Kind & Co., Edelstahlwerk, GmbH & Co. KG
Bielsteiner Str. 124-130
51674 Wiehl, Germany

Telefon: 02262/84-0
Telefax: 02262/84-152

Web: www.kind-co.de
Email: info@kind-co.de

