

Härteöle und wassermischbare Polymerabschreckmittel – Auswahlkriterien und Einflußparameter



Einflüsse und Auswahlkriterien.

Gerade im Bereich der Wärmebehandlung haben Fluide einen sehr hohen Stellenwert. Der Einfluss des Härtemediums spiegelt sich direkt in der Materialumwandlung wieder und trägt somit entscheidend zum Erfolg der Wärmebehandlung bei. Eine veränderte Abkühlcharakteristik hat direkte Auswirkungen auf das Härtegefüge, auf die Eigenschaften des Werkstoffes und somit auch auf den späteren Einsatz des Bauteils. Das Wissen um die Eigenschaften und Einflüsse von Abschreckmitteln hilft, oftmals teure und in jedem Fall zeitraubende Wärmebehandlungsfehler zu vermeiden. Ein optimal auf die Anforderungen des Bauteils abgestimmter Prozess erhöht die Wirtschaftlichkeit eines Wärmebehandlungsbetriebes.

Die folgenden Informationen sollen dem Anwender einen Überblick zu den gängigen Abschreckfluiden, deren Abschreckcharakteristik und zu den Auswahlkriterien vermitteln. Da für einen erfolgreichen Abschreckvorgang neben der Auswahl des richtigen Abschreckmittels auch der Einfluss verschiedener Prozessparameter (wie Fluidtemperatur, Anströmung, Konzentration) elementar wichtig sind, werden diese Einflussgrößen erörtert.

Bislang werden in vielen Wärmebehandlungsprozessen zumeist Härteöle zum Abschrecken des Härtegutes eingesetzt. Zunehmend befinden sich jedoch auch wassermischbare Polymerabschreckmittel im Einsatz, die das Abschreckverhalten zum Teil deutlich abmildern können. Die Vorteile dieser wassermischbaren Produkte finden sich in der fehlenden Brandgefahr, dem Ausbleiben von Ölnebeln und somit einer geringeren Belastung der Mitarbeiter, aber auch in der Ressourcenschonung. Aufgrund dieser Tatsache wurde in den vergangenen Jahren die Entwicklung von Polymerabschreckmitteln verstärkt fokussiert. Der klare Nachteil von Polymerabschreckmitteln lag bislang im relativ schroffen Abkühlverlauf, wodurch typische „Ölhärter“ nur sehr begrenzt in Polymerlösungen bei hoher Konzentration abgeschreckt werden konnten. Eine neue Generation von Polymerabschreckmitteln eröffnet aufgrund ihres sehr milden Abschreckverhaltens nun auch die Möglichkeit typische Ölanwendungen bei niedrigen Konzentrationen ökonomisch zu erschließen.

1. Härteöle

1.1. Härteölypen und ihre Eigenschaften

Grundsätzlich werden Härteöle in 3 Kategorien unterteilt:

a) Blankhärteöle

Blankhärteöle sind niedrig additivierte Härteöle zumeist auf Basis von konventionellen Solventraffinaten. Blankhärteöle werden für gewöhnlich zum Abschrecken von höher legierten Werkstoffen einfacher Geometrie eingesetzt.

Sie kommen vor allem bei der Wärmehandlung von verzugsunempfindlichen Bauteilen zum Einsatz.

b) Hochleistungshärteöle

Hochleistungshärteöle sind höher additivierte Härteöle, welche durch spezielle Zusätze zu einem beschleunigten Benetzungsverhalten führen. Hochleistungshärteöle werden je nach Qualität auf Basis konventioneller Solventraffinate, aber auch auf Basis von Hydrocrackaten vermarktet. Hochleistungshärteöle sind in der Anwendung weit verbreitet, da sie aufgrund des optimierten Benetzungsverhaltens auch für verzugsgefährdete Bauteile geeignet sind.

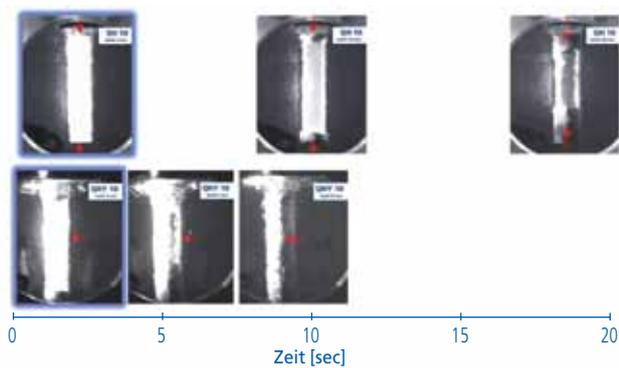
c) Synthetische Hochleistungshärteöle

Für besonders verzugsgefährdete Bauteile empfiehlt sich der Einsatz dieser auf Syntheseestern basierenden Härteöle. Neben dem Nachhaltigkeitsaspekt weisen diese Hochleistungshärteöle auch eine Reihe weiterer Vorteile auf.

Synthetische Hochleistungshärteöle unterscheiden sich hinsichtlich des Benetzungsverhaltens deutlich von den konventionellen Hochleistungshärteölen. Das besonders gute Benetzungsverhalten sorgt dafür, dass die beim Abschrecken entstehende Dampfhaut über der gesamten Bauteiloberfläche innerhalb kürzester Zeit zusammenbricht. Durch diese nahezu zeitgleiche Benetzung über der gesamten Bauteiloberfläche werden die bei der Abschreckung entstehenden Temperaturgradienten deutlich verringert und somit letztlich das Auftreten starker ungleicher Formänderungen vermieden. **Abbildung 1** zeigt den direkten Vergleich des Benetzungsverhaltens eines Hochleistungshärteöls und eines synthetischen Hochleistungshärteöls gleicher Viskositätsklasse (Oben: Mineralölbasierendes Hochleistungshärteöl/ Unten: Synthetisches Hochleistungshärteöl).

Abbildung 1:

Untersuchungen IWT-Bremen (2010/11) – austenitischer Stahl (L200D50 mm/60 °C/gleiche Anströmung)



1.2. Eigenschaften der Grundölytypen

Wie bereits unter 1.1. benannt, kommen bei der Herstellung von Härteölen 3 unterschiedliche Grundölytypen zum Einsatz:

- a) Konventionelle Solventraffinate (Gruppe 1)
- b) Hydrocrackate (Gruppe 3)
- c) Syntheseester

Diese 3 Ölytypen unterscheiden sich deutlich in den, vor allem in Hochtemperaturbereichen wichtigen, physikalischen Kennwerten „Verdampfungsverlust“ und „Flammpunkt“. Obwohl es sich bei den Solventraffinaten als auch bei den Hydrocrackaten um Mineralöle handelt, weisen Öle beider Gruppen und gleicher Viskositätsklasse zum Teil deutlich unterschiedliche Kennwerte auf.

Tabelle 1:

Physikalische Kennwerte von Grundölytypen annähernd gleicher Viskositätsklassen

| Grundölytyp | Kinematische Viskosität 40 °C [mm ² /s] | Verdampfungsverlust [%] Noack – 250 °C | Flammpunkt [°C] |
|---------------------------------|--|--|-----------------|
| Konventionelles Solventraffinat | 11 | 70 | 160 |
| Hydrocrackat | 11 | 60 | 170 |
| Syntheseester | 11 | 19 | 204 |
| Konventionelles Solventraffinat | 42 | 15 | 216 |
| Hydrocrackat | 41 | 7 | 236 |
| Syntheseester | 34 | 1,3 | 302 |

1.3. Einfluss der Viskosität auf die Abschreckcharakteristik von Hochleistungshärteölen

Abbildung 2:

Abschreckverhalten in Abhängigkeit von der Viskosität
 Öltemperatur: 60 °C ohne Umwälzung
 Prüfkörper: ISO/DIN 9950, Inconel 600, ø 12,5 mm

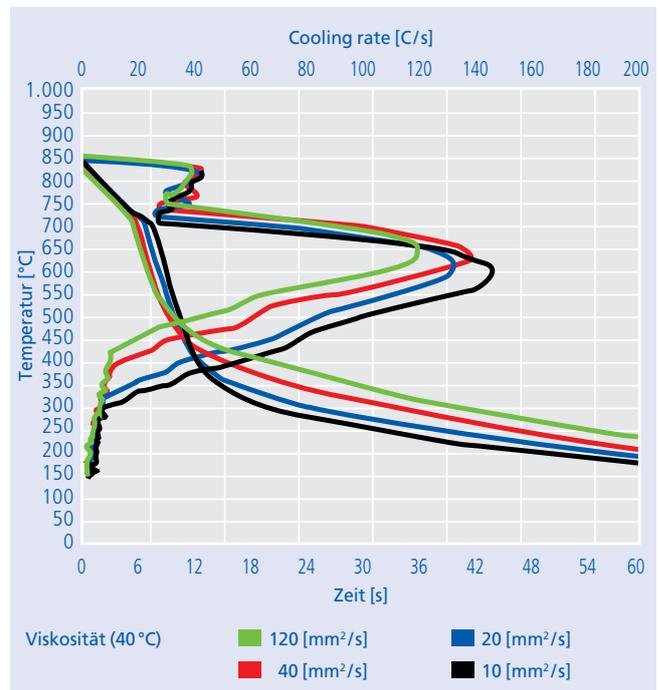


Abbildung 2 zeigt die Unterschiede hinsichtlich des Abschreckverhaltens mit steigender Viskosität innerhalb der Klasse der Hochleistungshärteöle. Grundsätzlich führt die Wahl einer höheren Viskosität zu einer Abmilderung des Abkühlverlaufs, d. h. mit steigender Viskosität verzögert sich das Erreichen des Temperaturbereichs der Martensitbildung.

1.4. Einsatzbereiche der Härteöle in Abhängigkeit von Viskosität und Qualität

Unter 1.1 bis 1.2 werden die wichtigsten und allgemeingültigen Unterschiede zwischen den Härteöltypen und den eingesetzten Grundölen vorgestellt. Aus den genannten Eigenschaften lassen sich nun folgende für die Anwendung relevanten Grundsätze ableiten:

- Je höher die Viskosität innerhalb einer Härteölreihe bzw. je höher die „Güte“ der Härteöltypen im äquivalenten Vergleich, desto höher der Flammpunkt und desto geringer der Verdampfungsverlust.
- Je höher die „Güte“ des Härteöls, desto besser ist das Benetzungsverhalten.
- Je höher die Viskosität innerhalb einer Härteölreihe, desto milder wird der Abschreckverlauf hin zum Temperaturbereich der Martensitbildung.

Kombiniert mit dem Grundsatz zum Abschrecken zu härterender Werkstoffe

„So schnell wie nötig, jedoch so langsam wie möglich“

ergibt sich die werkstoff- und prozessabhängige Auswahl des geeigneten Härteöls.

Zur Veranschaulichung zeigt Abbildung 3 beispielhaft die Einsatzbereiche von Hochleistungshärteölen in Abhängigkeit von der Viskosität.

Abbildung 3:

Einsatzbereiche von Hochleistungshärteölen in Abhängigkeit von der Viskosität



2. Polymerabschreckmittel

2.1. Polymertypen und Ihre Eigenschaften

Der Einsatz von Polymerlösungen liegt darin begründet, Rissbildungen und Sprödigkeiten, hervorgerufen durch zu schroffe Abschreckungen, zu vermeiden.

Zudem können durch die Auswahl des passenden Polymerabschreckmittels und durch die individuelle Festlegung der Prozessparameter auf das jeweilige Werkstück die Ausmaße der bei der Wärmebehandlung oftmals entstehenden Verzüge deutlich reduziert werden.

Überwiegend werden auf dem Markt wassermischbarer Polymerabschreckmittel Produkte auf Basis von Polyalkylenglykolen (PAG) und Polyvinylpyrrolidon (PVP) eingesetzt. Beide Polymertypen führen zur Abmilderung des sehr schroffen Abschreckverhaltens von Wasser. Die Abmilderung der Abschreckwirkung von Wasser wird bei beiden Polymertypen durch Filmbildung an der Oberfläche des heißen Bauteils erreicht. In der Art des Films unterscheiden sich die beiden Polymertypen jedoch erheblich. Strukturell bedingt weisen PAG's und PVP's sehr unterschiedliche Abschreckcharakteristika auf.

a) Polyalkylenglycole (PAG)

Polyalkylenglycole weisen im Gegensatz zu den PVP's einen Trübungspunkt auf. Je nach Kettenlänge liegt dieser zwischen 63 °C und 85 °C. PAG's gelten als reversibel unlöslich. Charakteristisch für PAG's ist das ruhige Zusammenbrechen der Filmphase in Form eines sich zunächst als weißlich ablösenden Films, der sich bei Unterschreiten der Trübungstemperatur wieder in die Polymerlösung einlöst. Das Zusammenbrechen der Filmphase ist auch als leises „Zischen“ hörbar.

Abbildung 4:

PAG-Zusammenbruch der Filmphase (Konzentration > 20 %)



Um jedoch eine längere stabile Filmphase mit diesem Polymertyp erreichen zu können sind sehr hohe Einsatzkonzentrationen erforderlich. Ein weiterer Nachteil dieses Polymertyps ist die begrenzte Abmilderung der Abschreckcharakteristik im Temperaturbereich der Martensitbildung (Betrachteter Bereich 200–350 °C).

Aufgrund dieser Tatsachen stellen PAG basierende Produkte je nach Werkstoff im wirtschaftlichen Konzentrationsbereich keine wirkliche Alternative zum milden Abschreckverlauf der Härteöle dar.

Einsatzbereiche PAG:

- Induktionshärten
- Flammhärten
- Tauchabschreckung unlegierter und niedrig legierter Stähle
- Abschrecken von Aluminiumlegierungen nach dem Lösungsglühen

b) Polyvinylpyrrolidone (PVP)

Polyvinylpyrrolidone bilden eine deutlich „stabiler“ Filmphase aus. Die Dauer der Filmphase ist unter anderem stark abhängig von der eingesetzten Konzentration. Neben der stabileren Filmphase führt der Einsatz PVP basierender Lösungen auch zu einem deutlich milderen Abkühlverlauf im Temperaturbereich der Martensitbildung. Dieses mildere Abschreckverhalten im niederen Temperaturbereich findet sich auch viskositätsabhängig bei der Ölhärtung wieder. Hieraus ergibt sich der Trend, PVP basierende Abschreckmittel als direkten Ölersatz einzusetzen.

Charakteristisch für die Filmphase dieser Medien ist das plötzliche und „grobperlige“ Zusammenbrechen des Polymerfilms über der gesamten Bauteiloberfläche. Der Effekt macht sich auch als hörbares „Aufplatzen“ des Polymerfilms bemerkbar.

Abbildung 5:

PVP-Zusammenbruch der Filmphase



Einsatzbereiche PVP:

- Tauchabschreckung niedrig legierter bis höher legierter Stähle
- Ölhärtende Stähle in der Gesenkschmiedeindustrie
- Direktabschreckung aus der Umformwärme

2.2. Parameter zur Regelung der Abschreckcharakteristik

2.2.1. Konzentration

Durch Erhöhung der Konzentration eines Polymerabschreckmittels wird die Abschreckcharakteristik grundsätzlich abgemildert. Diese Abmilderung erfolgt polymerabhängig über die Beeinflussung der Filmphase und das Abschreckverhalten im Temperaturbereich der Martensitbildung. Die **Abbildungen 6** und **7** zeigen beispielhaft die unterschiedlichen konzentrationsabhängigen Abkühlverläufe der beiden Polymertypen.

Abbildung 6:

PAG basierendes Abschreckmittel – Abkühlkurven Konzentrationsabhängig

5–15 % in Leitungswasser, Fluidtemperatur 35 °C, mit Umwälzung

Prüfkörper: ISO/DIN 9950, Inconel 600, ø 12,5 mm

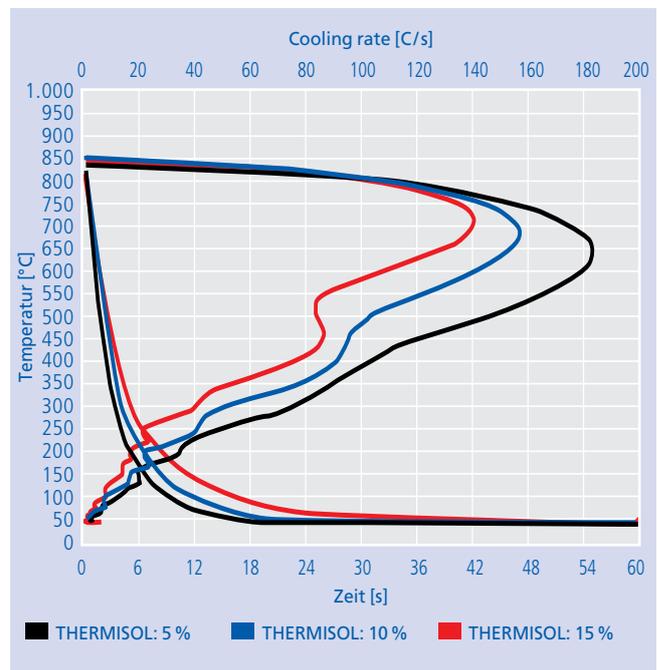
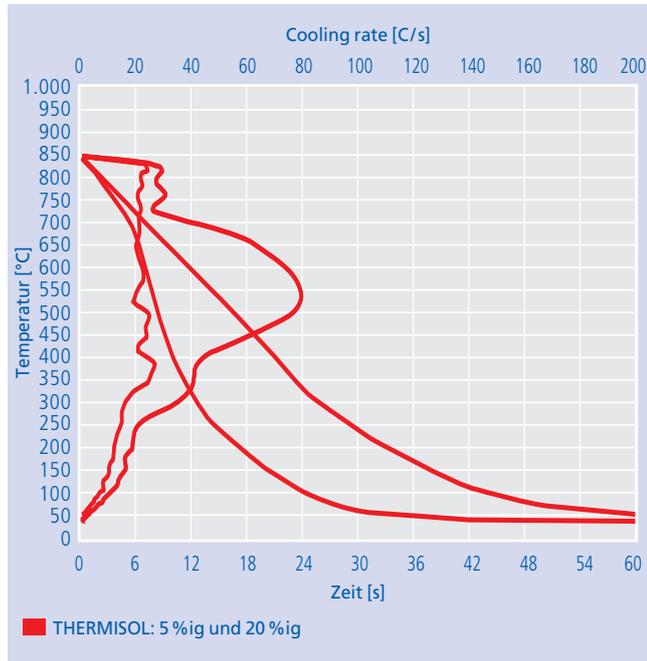


Abbildung 7:

PVP basierendes Abschreckmittel – Abkühlkurven Konzentrationsabhängig
5 % und 20 % in Leitungswasser, Fluidtemperatur 35 °C,
mit Umwälzung
Prüfkörper: ISO/DIN 9950, Inconel 600, ø 12,5 mm

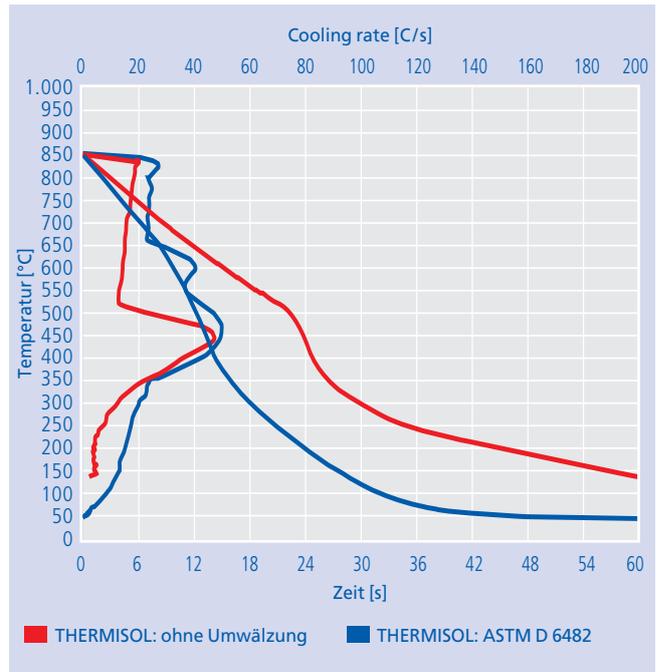


2.2.2. Anströmung

Durch Anströmung des Härtegutes wird das Abschreckverhalten signifikant beschleunigt. Durch starkes Anströmen wird der sich bildende Film verkürzt bzw. unterdrückt. Die Abkühlgeschwindigkeit erhöht sich mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit. Der Einfluss der Anströmung wird in **Abbildung 8** am Beispiel eines PVP basierenden Produktes dargestellt.

Abbildung 8:

PVP basierendes Abschreckmittel – Einfluss Anströmung 10 % in Leitungswasser, Fluidtemperatur 35 °C
Prüfkörper: ISO/DIN 9950, Inconel 600, ø 12,5 mm



Hinweis

Die Angaben in dieser Broschüre beruhen auf den allgemeinen Erfahrungen und Kenntnissen der FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH in der Entwicklung und Herstellung von Schmierstoffen und entsprechen unserem heutigen Wissensstand. Die Wirkungsweise unserer Produkte ist von vielfältigen Faktoren abhängig, insbesondere vom konkreten Einsatzzweck, der Applikation der Produkte, den Betriebsbedingungen, der Bauteilvorbehandlung, eventuellem Schmutzanfall von außen etc. Aus diesem Grund sind allgemeingültige Aussagen zur Funktion unserer Produkte nicht möglich. Die Angaben in dieser Broschüre stellen allgemeine, nicht verbindliche Richtwerte dar. Keinesfalls beinhalten sie hingegen eine Zusicherung von Eigenschaften oder eine Garantie für die Eignung des Produkts für den Einzelfall.

Wir empfehlen daher, vor dem Einsatz unserer Produkte mit den Ansprechpartnern der FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH ein individuelles Beratungsgespräch über die Einsatzbedingungen in der Anwendung und die Leistungsmerkmale der Produkte zu führen. Dem Anwender obliegt es, die Produkte in der vorgesehenen Anwendung auf deren Funktionssicherheit zu testen und mit der gebotenen Sorgfalt einzusetzen.

Unsere Produkte werden kontinuierlich weiterentwickelt. Deshalb behalten wir uns das Recht vor, das Produktprogramm, die Produkte und deren Herstellungsprozesse sowie alle Angaben in dieser Broschüre jederzeit und ohne Vorankündigung zu ändern. Alle früheren Veröffentlichungen verlieren mit Erscheinen dieser Broschüre ihre Gültigkeit.

Vervielfältigungen jeder Art und Form bedürfen der vorherigen schriftlichen Genehmigung der FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH.

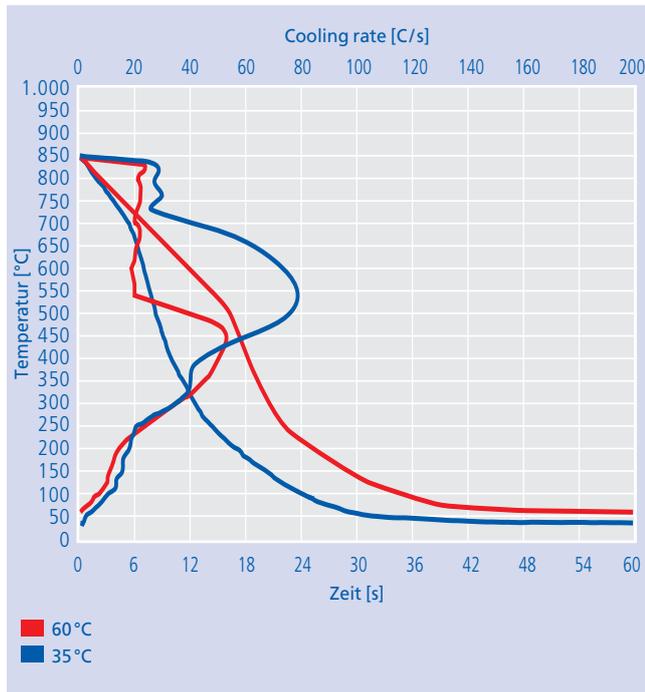
© FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH. Alle Rechte vorbehalten. Stand: Mai 2013

2.2.3. Temperatur

Die Erhöhung der Fluidtemperatur mildert die Abschreckcharakteristik der Polymerlösung zum Teil deutlich. Der Temperaturbereich PAG basierender Medien ist aufgrund des Effekts der reversiblen Löslichkeit stark eingeschränkt. Die übliche empfohlene Anwendungstemperatur liegt bei 25–40 °C.

PVP basierende Polymerabschreckmittel hingegen können über einen größeren Temperaturbereich eingesetzt werden. Diese Produkte sind bis zu einer Temperatur von 70 °C bedenkenlos einsetzbar. Der Temperatureinfluss wird in **Abbildung 9** beispielhaft dargestellt.

Abbildung 9:
PVP basierendes Abschreckmittel – Temperatureinfluss
5 % in Leitungswasser, mit Umwälzung



2.3. Neue Polymerabschreckmittel als vollwertiger Ölersatz

Wie unter 2.1. erläutert, werden PVP basierende Polymerabschreckmittel aufgrund ihres milden Abschreckverhaltens im niederen Temperaturbereich schon heute häufig für Werkstoffe eingesetzt, die als Ölhärter gelten. Als problematisch hat sich jedoch das Verhalten der Filmphase herausgestellt. Auch bei den gängigen PVP-basierenden Abschreckmitteln ist die Länge der Filmphase begrenzt. Zum Abschrecken wirklich höher legierter Werkstoffe werden daher auch mit diesen Medien relativ hohe Einsatzkonzentrationen benötigt. Nach dem Zusammenbruch der Filmphase setzt sich dieser auf der Bauteiloberfläche ab. Produkte aus der frühen Entwicklung PVP basierender Medien bilden häufig feste Ablagerungen auf der Bauteiloberfläche. Zudem weisen diese Produkte aufgrund des PVP-charakteristischen „Aufplatzen“ der Filmphase ein sehr unruhiges Abschreckverhalten auf, mit zum Teil sehr negativen Auswirkungen in der praktischen Anwendung. Es sind Extremfälle bekannt, in denen massive Schmiedebauteile durch heftiges Aufreißen der Filmphase vom Chargiergestell getragen wurden.

Hierin begründet lag auch die Entwicklung einer neuen Generation polymerer Abschreckmedien.

Bei der neuen Generation von Polymerabschreckmitteln handelt es sich um Produkte, in welchen das charakteristische „ölähnliche“ Abschreckverhalten der PVP's erhalten geblieben ist. Die mit dem Einsatz verbundene starke Unruhe der frühen Generationen wird jedoch durch bestimmte Modifikationen ausgeschlossen. Hieraus ergibt sich ein ähnlich ruhiges Verhalten wie es bereits aus dem Einsatz PAG-basierender Medien bekannt ist. Zudem wurde bei der Entwicklung der Effekt einer langen Filmphase deutlich verstärkt. Durch diese Polymerabschreckmittel ist es heute möglich auch höher legierte Werkstoffe bereits mit einer Einsatzkonzentration von ca. 5–7 % abzuschrecken. Als Nebeneffekt ist hier auch die deutliche Reduzierung von Polymerablagerungen und Ausschleppverlusten zu nennen. Je nach Konzentration sind Anwendungen bis in den Werkzeugstahlbereich möglich.

Literatur:

- Quenching Theory And Technology (Second Edition) CRC Press, 2010
- Wärmebehandlung des Stahls – Grundlagen, Verfahren und Werkstoffe Verlag Europa-Lehrmittel, 9. Auflage 2006
- Expert Praxislexikon Tribologie PLUS Expert-Verlag, 2. Auflage 2000

Ihr Ansprechpartner:

FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH
Friesenheimer Straße 19
68169 Mannheim
Telefon: 0621 3701-0
Telefax: 0621 3701-570
E-Mail: zentrale@fuchs-europe.de
www.fuchs-europe.de