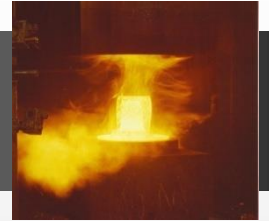


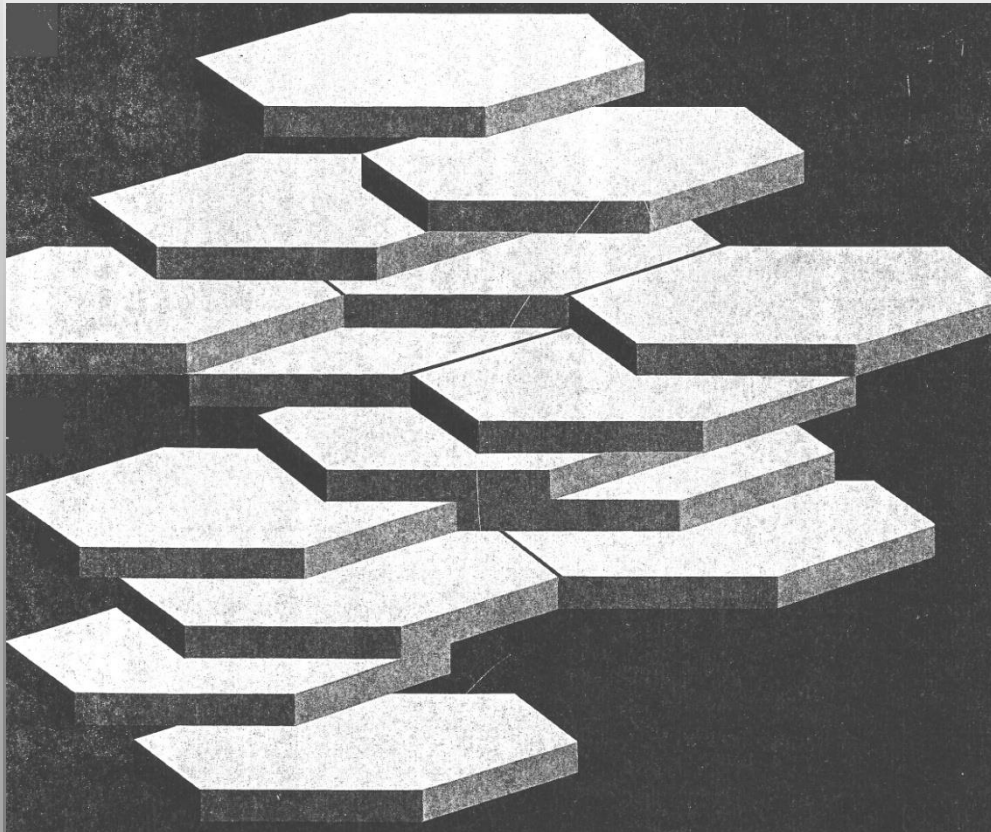


7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



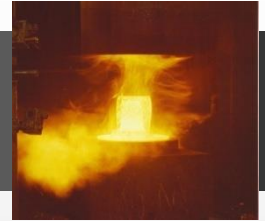
Gesenkschmierung mit Graphit





7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

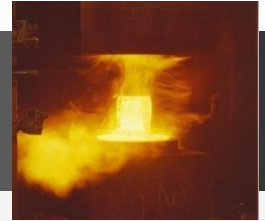
Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



1. Bedeutung

Beim Gesenkschmieden treten im Gravurraum folgende Bedingungen auf:

- Werkstoff: Fließspannungen bis 1.250 N/mm^2
- Werkstoff: Fließgeschwindigkeiten im Gratspalt bis 50 m/s
- Ungeschmierte Reibung bis ca. $0,35$ bis $0,38 \mu\text{m} / 1/$
(Haftreibbedingungen liegen bei ca. $0,5 \mu\text{m}$)
- Reibwerte bei Graphitschmierung ca. $0,12 \mu\text{m}$
(ca. 30% gegenüber dem ungeschmierten Zustand)



2. Einflussfaktoren auf die Gesenkschmierung /2/

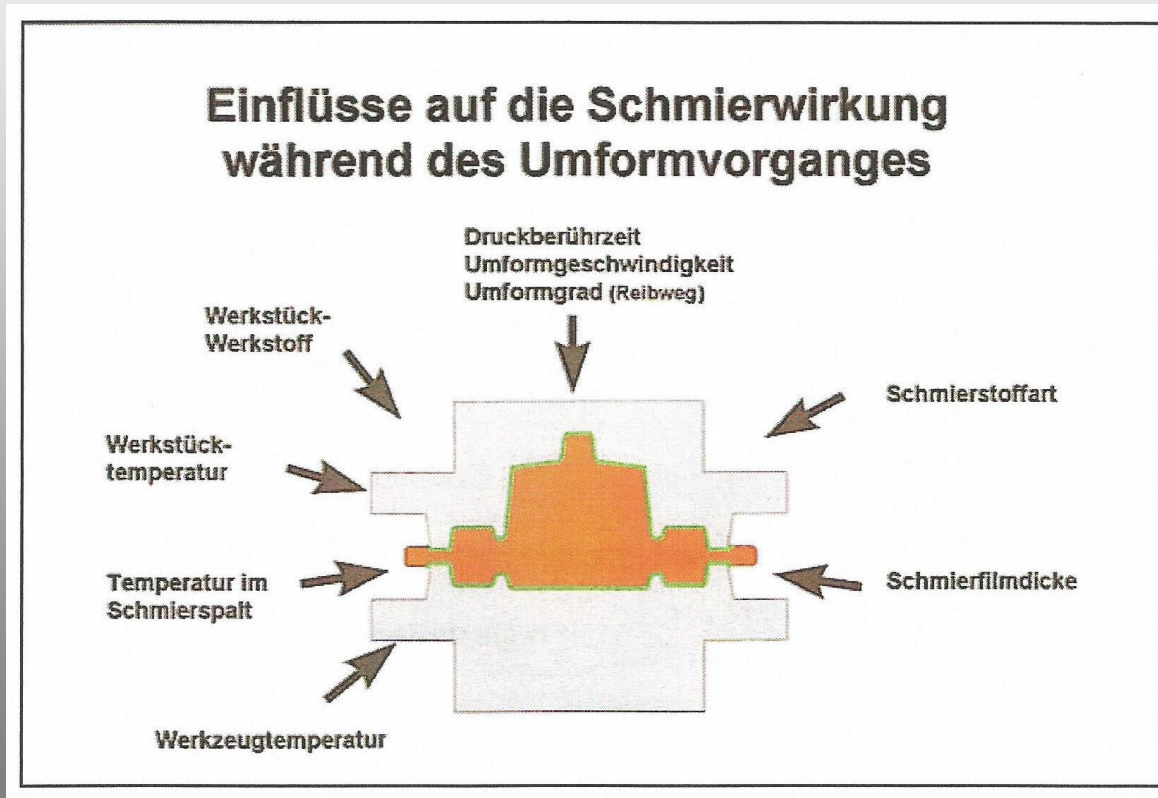


Bild 1: Einflussfaktoren (Schema) /3/

7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



Werkzeug	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gravurart ▪ Werkstoff ▪ Temperatur ▪ Härte ▪ Oberflächengüte ▪ Rauhtiefe
Werkstück	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Werkstoffgüte ▪ Schmiedetemperatur
Umformvorgang	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umformgrad ▪ Umformgeschwindigkeit (Hammer oder Presse) ▪ Berührdauer
Schmierstoffart	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Graphitteilchengröße ▪ Feststoffgehalt ▪ Additive (Anteil Netzmittel, Treibmittel, Bindemittel u.a.) ▪ pH-Wert
Schmierfilmbildung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konzentration ▪ Sprühdauer ▪ Sprühdruck ▪ Auftreffwinkel

Tabelle 1: Einflussfaktoren bezogen auf den Schmiervorgang /3/



7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



3. Vorteile

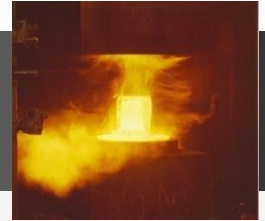
- Verringerte Umformkräfte bis ca. 30%
- Erhöhung der Gesenkstandmengen um 20 bis 30 %
- Verbesserte Schmiedeteilqualität (keine Fehlstellen)
- Bessere Oberflächenqualität und Maßhaltigkeit der Gesenkschmiedeteile
- Komplizierte Schmiedeteilformen und Flißpressarbeiten, wie Achsschenkel, Achszapfen, Vorderachskörper u.a. sind nur in Verbindung mit einer ausgereiften Schmierstoffanwendung möglich
- Verringerung der Arbeitsunterbrechungen („Kleber“) beim Schmieden ergeben höhere Mengenleistungen
- Erhöhte Maschinenlaufzeiten (größere Ausbringung / Tonnage)
- Verbesserung der Arbeits- und Umweltbedingungen
- Perfekte Gesenkschmierung = Voraussetzung für mechanisierte und automatisierte Fertigung
- Höhere Gesenkstandmengen = verringerte Werkzeugkosten = Senkung der Schmiedeteilkosten bis zu 15%
- Weniger Unterbrechungen zur Gesenkpflge

4. Nachteile

- Gesenkschmierstoffkosten bei Graphitschmierung bis 1 % der Fertigungskosten
- Hohe Anschaffungskosten (bis 200.00 € für die Schmierstoffanlage)
- Höherer Organisationsaufwand
- Höhere Umweltbelastung (starke Verschmutzung) für Mensch, Maschine und Werkzeuge
- Entsorgungskosten als Sondermüll in Deutschland bis 1.500 €/Tonne

7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



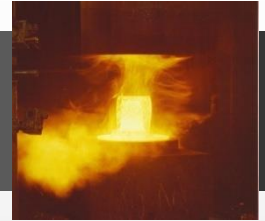
5. Aufgabe der Gesenkschmierstoffe

- Bildung einer Schmier- und Trennschicht zwischen Schmiedeteil (ca. 1.200 °C) und Gesenksoberfläche (ca. 250 °C) zur Verringerung der Umformkräfte und des Gesenkverschleißes.
Bei Gesenkttemperaturen < 140 °C ist die Schmierwirkung praktisch unwirksam.
Bei Temperaturen > 800 °C verbrennen die festen Schmierstoffbestandteile und verkoken.
- Gleichmäßige Verteilung und gute Haftung auf der Gravuroberfläche. Bildung einer Gasschicht bei Temperaturen oberhalb 400 °C und hohem Druck, zur Trennung von Schmiedeteil und Gesenk (Vermeidung von „Klebern“) und zur Verringerung des Wärmeüberganges.
- Kühlen der Gravuroberfläche bei hoher thermischer Belastung, z.B. bei großen Gleitwegen (Fließpressarbeiten) und sehr kurzen Taktzeiten.
- Verhindern von Arbeitsunterbrechungen.
- Verbessern der Schmiedeteilqualität und der Mengenleistung (Stck/h).
- Vorbedingung für das Schmieden komplizierter Teile und für die mechanisierte und automatisierte Fertigung.
- Verbessern der Arbeits- und Umweltbedingungen.



7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



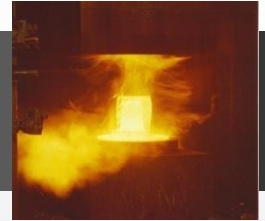
6. Anforderungen an Gesenkschmierstoffe

- Gute Schmiereigenschaften
- Gute Trenneigenschaften
- Gute Treibwirkung
- Hohe thermische Stabilität
- Gleichmäßige Benetzung mit schneller Schichtausbildung
- Optimale Benetzungstemperatur
- Gute Kühlwirkung
- Keine Korrosion
- Kein Schmierstoffaufbau
- Kein Dieseleffekt
- Keine gesundheitlichen Belästigungen
- Keine Brandgefahr
- Keine Umweltbelastungen
- Sauberes Arbeiten
- Resistenz gegen Mikroorganismen
- Einfache und wirtschaftliche Aufbringung



7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



7. Schmierstoffarten

In der modernen Gesenkschmiedetechnik mit hoher Fertigungsgenauigkeit, großer Mengenleistung und starkem Konkurrenzdruck ist die Verwendung der richtigen Gesenkschmierstoffe ein

wichtiger Wirtschaftlichkeitsfaktor.

Ursprüngliche Schmierstoffe wie Sägespäne oder Altöle sind zwar billig in der Anschaffung und in der Auftrags-technik von Hand mit Pinsel, Quast oder Lappen, genügen aber nicht den Anforderungen der modernen Fertigungstechnik mit hoher Mengenleistung und komplizierten Formen.

In der modernen Schmiedetechnik wird in **schwarze** (graphithaltige) und **weiße** (salzhaltige) **Gesenkschmierstoffe** unterschieden. 80 bis 90 % aller Gesenkschmiedeteile werden mit Graphitschmierstoffen gefertigt.

Graphit (natürlicher oder synthetischer) ist besonders gut als Gesenkschmierstoff geeignet, weil seine hexagonale Gitterstruktur extrem große Gleitwege ermöglicht.

7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner

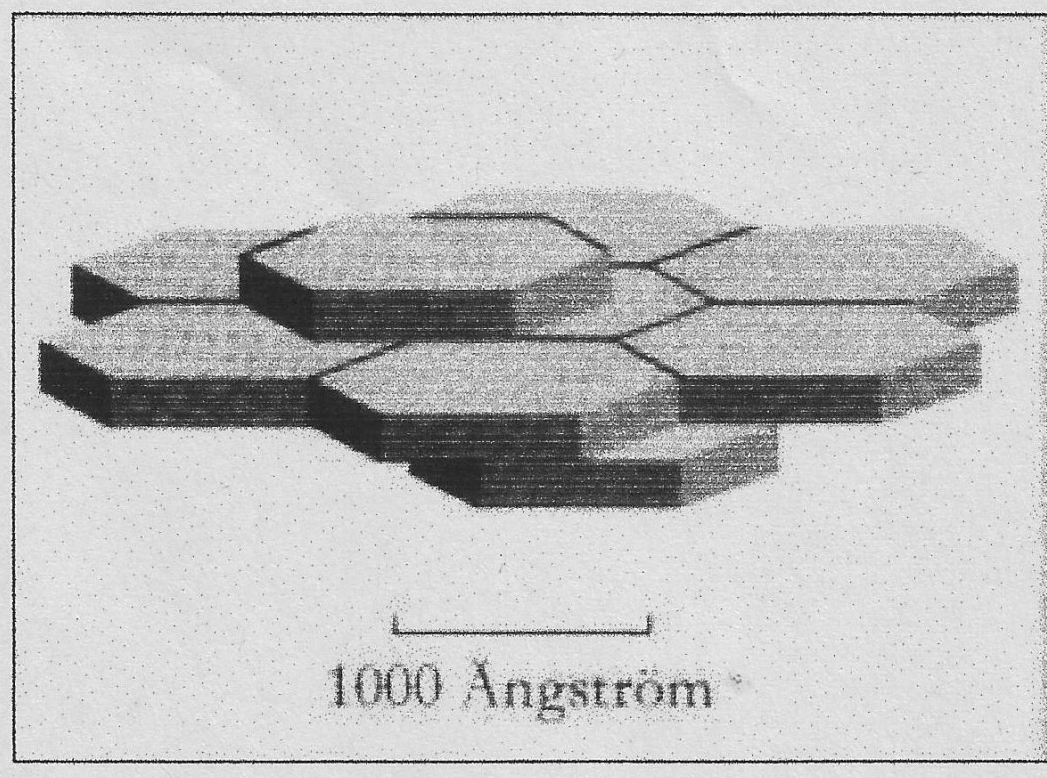
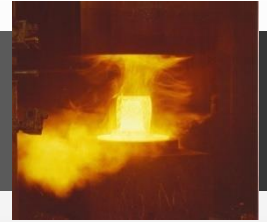


Bild 2: Hexagonale Gitterstruktur von Graphit

7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



Die Benetzung der Gravuroberfläche und die Verteilung des Graphits ist von der Teilchengröße abhängig. Je geringer die Graphitteilchengröße ist, desto besser ist die Schmierstoffverteilung (siehe Tabelle 2).

Teilchengröße / Oberfläche		
Anzahl der Teilchen	Kantenlänge a	Bedeckte Oberfläche
10^6	100 μm	100 cm^2
10^9	10 μm	1000 cm^2
10^{12}	1 μm	1 m^2

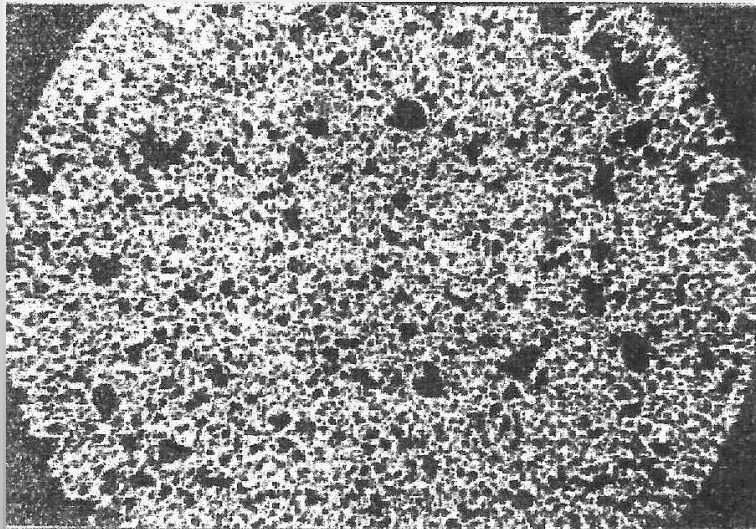
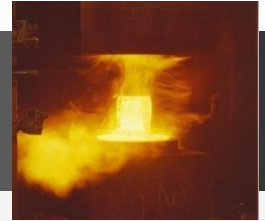
Tabelle 2: Größenverhältnisse Graphitteilchen / Oberfläche

Bei Teilchengrößen um 1 μm (Beispiel: Delta 31 von Acheson) ist der Bedeckungsgrad besonders gut. Deshalb wird dieser Gesenkschmierstoff bevorzugt zum Präzisionsschmieden eingesetzt (sehr teuer, 7 bis 10 \$/kg).

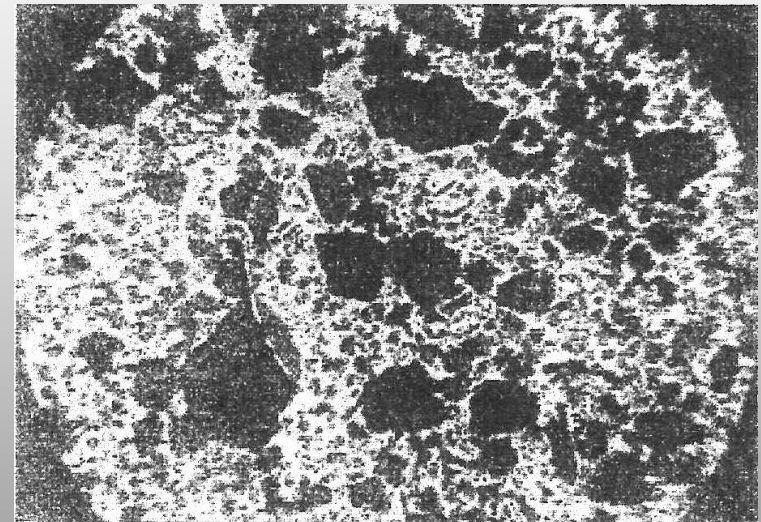
Für gröbere Arbeiten (rauhe Oberflächen, große Gleitwege, wie Fließpressarbeiten oder schwere Hammer-teile u.a.) sind Graphitteilchengrößen von 10 bis 25 μm besser geeignet. Größere Graphitschmierstoffe sind bis zu 50 % billiger! Bei extremen Umformaufgaben, wie Fließpressvorgängen sind teilweise noch ölhaltige Gesenkschmierstoffe im Gebrauch. Achtung: Große Umweltbelastung!

7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



Teilchengrößen: 1 – 5 µm



Teilchengrößen: 1 – 25 µm

Bild 3: Graphitverteilung bei verschiedenen Teilchengrößen

Als Gesenkschmierstoffe werden wässrige oder ölhaltige Gemische (Emulsionen) aufgetragen. Ölhaltige Gemische haben die Nachteile des Dieseleffektes (Erhöhung der Gesenkttemperatur, Rissbildung an den Gravurkanten) und der erhöhten Umweltbelastung, wie Rauch- und Geruchsbildung.

Zur Stabilisierung der Gemische werden mehrere chemische Substanzen, Additive, Salze, Polymere, Ammoniak u.a. hinzugemischt (Beispiel dafür siehe Tabelle 3).

7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner

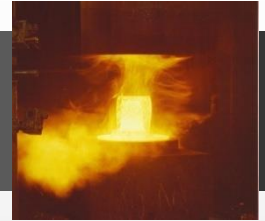


Oxidationsinhibitoren	Verbesserung der Oxidationsstabilität der Komponenten
Korrosionsinhibitoren	Schutz des Werkstoffs vor aggressiven Medien
AW- Additive	Anti- wear / verschleissmindernde Additive
EP- Additive	Extreme pressure / Druckstabilisatoren
FM- Additive	Friction modifier / reibungsvermindernde Additive, z.B. dispergierte Feststoffe
Detergent- Additive	Zum Ablösen und Umschliessen fester Ablagerungen von der Oberfläche
Dispersant- Additive	Zum In-Schwebe-Halten von Verunreinigungen („Ausflocken“)
Schauminhibitoren	Erniedrigung von Oberflächenspannungen
Haftverbesserer	Haftung der Schmierschicht am Werkzeug
Emulgatoren	Verhinderung von Entmischungen
Konservierungsmittel	Erhöhung der Haltbarkeit
PH- Wert- Stabilisatoren	i.d.R. Alkalireserve als Puffer
Schutzkolloide	Suspensionsmittel
Schutzfungizide	Schutz gegen Pilzbefall
Biozide	Vermeidung von bakteriellem Befall (oft Ammoniak)

Tabelle 3: Auswahl einiger Schmierstoff-Inhaltsstoffe /Doege: Tribologie: 1993/

7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



Da die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe von den Schmierstoffherstellern nicht bekannt gegeben wird, ist das Auftragen oder das Mischen von Graphitpulver mit Wasser für den Laien nicht möglich.

Graphitpulver lässt sich aber leicht mit erwärmtem Schweröl mischen.

Die Graphitanteile im Gemisch betragen, je nach Produkt 10 bis 30 %, die Feststoffanteile (Additive) 18 bis 40 %.

Hohe Feststoffanteile = viele Rückstände in der Gravur = Gefahr der Fehlstellen an den Schmiedeteilen.

8. Schmierstoffmischungen

Je kleiner das Mischungsverhältnis gewählt wird, desto größer sind:

- Die Schmierwirkung
- Der Schmierstoffverbrauch
- Die Schmierstoffrückstände

Anwendungen	Graphit / Wassergemisch
Einfache flache Gravuren, geringe Gleitwege, z. B. Hebel, Wellen, Flansche, Tellerräder u.a.	1:15 bis 1:20
Normaler Schmiedeprozess, z.B. Zahnräder	1:10
Tiefe Gravuren, Steigprozesse, komplizierte Fließpressarbeiten, z.B. Achsschenkel	1:3 bis 1:5

Tabelle 4: Übliche Schmierstoffmischungsverhältnisse

7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner

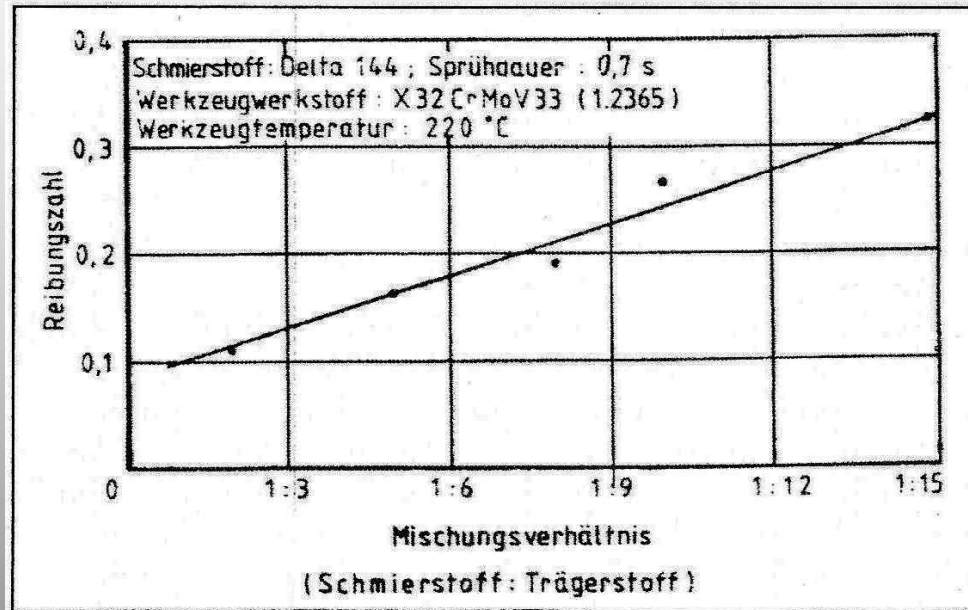
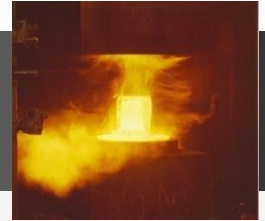
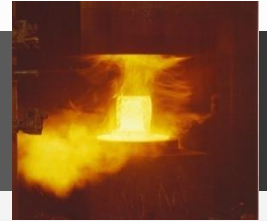


Bild 4: Einfluss des Mischungsverhältnisses auf die Reibungszahl /3/

Deshalb ist immer der richtige Kompromiss zwischen Aufwand und Nutzen durch langwierige Versuche zu finden. Das Mischen darf nur von zuverlässigem Personal, am Besten von einem Schmierstoffbeauftragten (Meister oder Vorarbeiter) vorgenommen und dokumentiert werden. Kontrolle der Mischungsverhältnisse mindestens jeden 2.Tag mit Trockenwaage. Die Kontrollergebnisse sind schriftlich zu dokumentieren und vom Betriebsleiter wöchentlich zu kontrollieren.

7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



Das Schmierstoffgemisch muss immer in Bewegung bleiben, d.h. gerührt werden, auch an Sonn- und Feiertagen, deshalb ist ein mechanisches Rührwerk erforderlich.

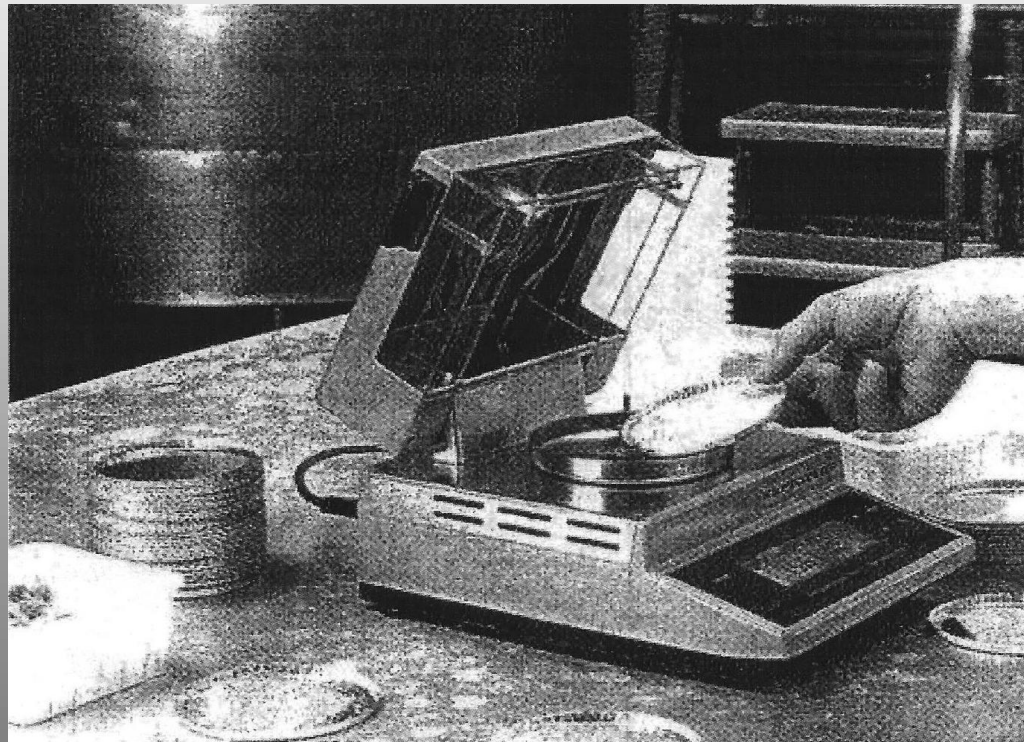
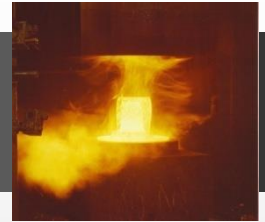


Bild 5: Trockenwaage



9. Auftragstechnik (Verlustschmierung)

Die moderne Schmiedetechnik erfordert Schmiertechniken, die an Farbsprühsysteme erinnern, die gleichzeitig mit mehreren Farben arbeiten und folgende Anforderungen erfüllen müssen:

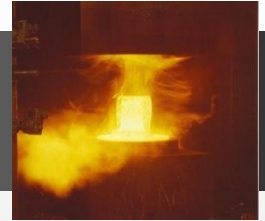
- Hohes Arbeitstempo in Bruchteilen von Sekunden
- Umformung in mehreren Gravuren gleichzeitig
- Mechanisierte und automatisierte Auftragstechnik mit folgendem Ablauf:
 1. Gravur ausblasen und kühlen, sowie Zunder entfernen
 2. Gesenkschmierstoff kurz (0,5 bis 1,3 sec) und mit kräftigem Strahl auftragen. Es bildet sich ein gleichmäßiger, grauer Schmierfilm. Längere Sprühzeiten spülen den Schmierfilm wieder ab.
 3. Schmierfilm trocken blasen. Zu dicke Schmierfilme lösen sich bei Druckbeanspruchung leicht wieder ab → keine Schmierwirkung vorhanden.
 4. Die Gravuroberfläche soll ein matt-graues Aussehen haben.

Düsensysteme:

- a) Einfache verstellbare Düsen für runde Gesenkschmiedeteile
- b) Formdüsen für Langformteile
- c) Oszillierende Systeme für komplizierte, tiefe Gravuren, z.B. Achsschenkel
- d) Frei programmierbare Mehrkreissprühsysteme mit voneinander unabhängiger Fahr-, Blas- und Sprühtechnik, Positioniergenauigkeit ± 1 mm
- e) Düsen: Lochdurchmesser 0,6 bis 0,8 mm

7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



10. Betriebsprobleme

10.1 Schmiede

Graphithaltige Gesenkschmierstoffe verschmutzen die Schmiedewerkzeuge, die Schmiedemaschinen und die Umwelt, sie verschlechtern damit die Arbeitsbedingungen für das Bedienpersonal. Deshalb sind am Schichtende, beim Werkzeugwechsel und vor Maschinenreparaturen die Schmiedewerkzeuge, die Maschinen, Anlagen und die Arbeitsplätze gründlich zu reinigen.

Bei hohen Graphit-/Feststoffkonzentrationen $> 20 \%$, Mischungsverhältnissen $< 1:10$, kleinen Gravurradien und sehr tiefen Gesenkgravuren muss mit einer Anhäufung der Schmierstoffrückstände an den Gravurkanten und an den tiefsten Gravurstellen gerechnet werden. Durch systematische Prozesskontrolle können die Fehlstellen an den Schmiedeteile rechtzeitig erkannt und die Schmierstoffreste beseitigt werden. Die Sprühsysteme sind bei jeder Arbeitsunterbrechung > 1 h mit Leitungswasser durchzuspülen (Wasserreste auffangen und wiederverwenden!), um Verstopfungen der Sprühköpfe und der Zuleitungen zu vermeiden. Im Bedarfsfall sind die Verkrustungen an den Düsen häufiger mechanisch zu beseitigen.

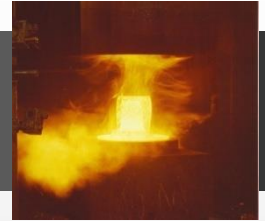
Achtung!

Graphithaltige Gesenkschmierstoffe sind äußerst aggressiv (korrosiv). Deshalb sollen alle beteiligten Elemente, wie Mischbehälter, Düsen, Rohrleitungen u.a. aus nichtrostendem Stahl oder, wenn möglich aus Kunststoff gefertigt werden. Die Sprühdüsenöffnungen sollen $\geq 0,8$ mm sein.



7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



10.2 Werkzeugbau

Wichtig ist eine gründliche Werkzeugreinigung von Graphit vor der Reparatur im Werkzeugbau. Sehr gute Ergebnisse zur Schmierstoffreinigung wurde bei IFA Ludwigsfelde mit dem Einsatz von automatischen Waschanlagen erzielt.

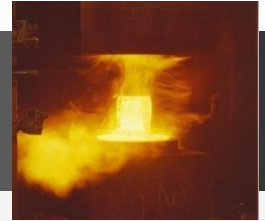
10.3 Instandhaltung

Das gesamte Gesenkschmierstoffsystem muss gleichberechtigt mit der Maschinenreparatur und –pflege und mit dem Werkzeugspannsystem in den Reparatur- und Wartungszyklus der gesamten Maschinengruppe aufgenommen werden, um Produktionsverluste und Qualitätsmängel zu vermeiden. Wegen der Korrosionswirkung der Schmierstoffmischungen muss ggf. auch der Überwachungs- und Reparaturzyklus der gesamten Maschinengruppe verkürzt werden.



7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



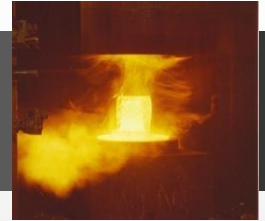
11. Lagerung und Mischung

- Die Anlieferung der Schmierstoffe in Containern verringert die Liefer- und Transportkosten um bis zu 20 %.
- Die Schmierstofflagerung muss frostfrei und sicher (kein unbefugter Zugang) erfolgen.
- Einmal angefangene Behälter müssen wieder fest (luftdicht) verschlossen und schnellst möglich aufgebraucht werden.
- Graphithaltige Schmierstoffe sind nur begrenzt lagerfähig. Deshalb müssen die Behälter in der Reihenfolge ihrer Lieferung oder nach dem max. Haltbarkeitstermin aufgebraucht werden.
- Die Mischung darf nur von geschultem Personal (einem Schmierstoffbeauftragten) vorgenommen werden.
- Das Schmierstoffmischungsverhältnis muss mindestens jeden 2. Tag mittels Trockenwaage überprüft werden.
- Zweckmäßig ist es, die Schmierstoffmischung in einem drucklosen, rostfreien Spezialbehälter mit Rührwerk zu mischen und aufzubewahren und diesen als Tankstelle zu betreiben.



7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



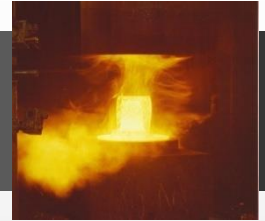
12. Schmierstoffverbrauch

Die richtige Schmierstoffanwendung ist mitentscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg eines Schmiedunternehmens, weil davon solche Wirtschaftlichkeitsfaktoren abhängig sind, wie:

- Schmiedeteilqualität
- Mengenleistung
- Maschinen- und Werkzeugbelastung (Umformkräfte)
- Gesenkstandmengen → Werkzeugkosten
- Rüstaufwand
- Ausfallzeiten, Reparaturkosten u.a.

Der Gesenkschmierstoffverbrauch beträgt 4 bis 5 kg je Tonne Gesenkschmiedeteile bei definierter Auftrags- und komplizierten Schmiedeteilformen. Bei einfachen, flachen Gravuren oder guter Auftrags- und Mehrkreissystemen kann der Schmierstoffverbrauch noch erheblich verringert werden.

Beispiel: IFA Ludwigfelde 3,15 kg/Tonne



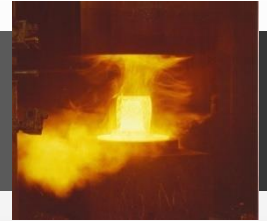
13. Vorschläge zur rationellen Schmierstoffanwendung

1. Schmierstoffverbrauch genau ermitteln und schriftlich festhalten
2. Schmierstoffeigenschaften (positive und negative) ermitteln und aus Aanalysen neue, verbesserte Arbeitsaufgaben ableiten → Verantwortlichen benennen
3. Verbindung mit dem Graphithersteller aufnehmen und eine Zusammenarbeit zum Erfahrungsaustausch vereinbaren
4. Schmierstoffprobleme
 - Lieferung
 - Lagerung
 - Mischen
 - Auftragen
 - Entsorgen gemeinsam mit einem Forschungsinstitut lösen
5. Gesenkschmierung / Schmierstoffverbrauch in Zusammenhang mit Verringerung
 - der Werkzeugkosten
 - Maschinenausfallzeiten
 - Material- und Energieverbrauch
 - Verbesserung der Schmiedeteilqualität
 - Erhöhung der Produktionsleistung u.a. als Wirtschaftlichkeitsfaktoren in die Betriebsabrechnung und –kontrolle aufnehmen



7.3.1.7.2.2.12 Gesenkschmierung mit Graphit

Oberingenieur Dipl.- Ing. (FH) Erich Pfitzner



Literaturhinweise:

- /1/ K. Lange, H. Meyer-Nolkemper: Gesenkschmieden, Springer-Verlag Auflage 1977
- /2/ Seidel, Schmierstoffe für Umformprozesse: Vortrag Tribologie Freiberg 1995
- /3/ ADB Arbeitsblatt: Schmierstoffe zum Gesenkschmieden, Nov 1983
- /4/ Spur: Handbuch der Fertigungstechnik, Band 22, Umformen 1984