

Diplomarbeit

Schneidkantenstabilität von Messerschneiden

Fachhochschule München

Fachbereich 03, Fahrzeugtechnik

Verfasser: Roman Landes

Betreuer: Prof. Dr. Ing. Martin Schwalm

Wintersemester 1997/98

Schneidkantenstabilität von Messerschneiden

Diplomarbeit

Fachhochschule München

Fachbereich 03, Fahrzeugtechnik

Diplomarbeit von Roman Landes

*...if you can't change your world, change yourself...and
if you can change yourself, then change your world...*

„ThE ThE“

der Ruhr-Universität Bochum für ihre Hilfestellung (Schutzgas-Wärmebehandlungen) sowie der Fa. Borger für Probenmaterial große Dankbarkeit gebührt.

An dieser Stelle möchte ich nicht versäumen, all denen zu danken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt und beraten haben. Meinen besonderen Dank möchte ich Herrn Prof. Dr. Ing. Schwalm für seine Betreuung und Geduld aussprechen. Herrn Prof. Dr. Ing. Krafft und Herrn Ulrich Gerfin, deren Rat mir immer von großem Nutzen war. Herrn Rybarz und Herrn Felbinger für ihre meisterliche Hilfe im Labor. Herrn Rudolf Metzner, der mir die Fähigkeit schenkte, richtig zu fragen. Meinen Eltern, die dies alles mit ermöglicht haben.

Liste der Abkürzungen und Formelzeichen

Å	Angström
µm	1/1000 mm
A	Austenitisierung
A-Temp	Austenitisierungstemperatur
b	Radius der Verschleißmarke (Schärfe)
DSF	Druckschnittfähigkeit
DSH	Druckschnitthaltigkeit
DSK	Doppelseitiger Keilwinkel
EK	einseitiger Keilwinkel
F	Kraft
FS	Feuerschweißung
GGS	Graugußspäne
GW	Gleichheitswert
h	Eindruck-Verschleißmarkenhöhe
HIP	heiß-isostatisches Pressen
HRC	Härte in Rockwell C
HV	Härte in Vickers
KG	Kilogramm
L	Luft
LIMI	Lichtmikroskop
p	Druck
PM	Pulvermetallurgie

RA	Restaustenit
REM	Rasterelektronen Mikroskop
PMD	pulvermetallurgischer Damast
s	Sekunden
SF	Schneidfähigkeit
SG	Schutzgas
SH	Schneidhaltigkeit
SKS	Schneidkantenstabilität
β	Schneidenwinkel
$\beta' = \beta_{\text{eff}}$	dynamischer Schneidenwinkel
T	Temperatur (°C)
V	Vakuum
v_z	translatorische Geschwindigkeit
v_v	Vorschubgeschwindigkeit
WB	Wärmebehandlung
ZSF	Zugschnittfähigkeit
ZSH	Zugschnitthaltigkeit

1 Einführung in das Thema

1.1 Allgemeine Gesichtspunkte

Seit Beginn dieses Jahrhunderts wurden bereits Untersuchungen zur Frage des Messerschnittes (siehe 6. Literatur) durchgeführt. Schon bald wurde erkannt, daß es einige Zusammenhänge beim Messerschnitt gibt, welche die Vorgänge beim Schneiden mit Messern in ihren Grundzügen beschreiben. Nach eingehenden Studien kann hierbei von zwei Beurteilungsgesichtspunkten ausgegangen werden. Bei einem Teil der Untersuchungen liegt das Augenmerk ausschließlich bei den Problemen im Zugschnitt und der allgemeinen Herstellung und Verwendung von Messern und Klingen im alltäglichen oder industriellen Gebrauch. Der andere Teil untersucht den Druckschnitt und beschäftigt sich mit speziellen Fällen der Anwendung und Optimierung, wie beispielsweise bei Rasierklingen.

Allgemein ist ein Messer als Schneidwerkzeug mit spanlosem, trennendem Schnitt anzusehen. Es dient vornehmlich zum Trennen biegeschlaffer Schnittgüter. Im Unterschied zu technisch ähnlichen Werkzeugen wie Stanzstempel, Schermesser usw. haben die hier betrachteten Messer eine spitzwinklige Schneidgeometrie (Schneidenwinkel $\beta \leq 40^\circ$). Eine differenzierte Betrachtung des Werkzeuges hinsichtlich der Schneidvorgänge, des Schneidenwerkstoffes und der Versagensmechanismen bezogen auf das Schnittgut ist daher notwendig.

1.2 Schnittarten

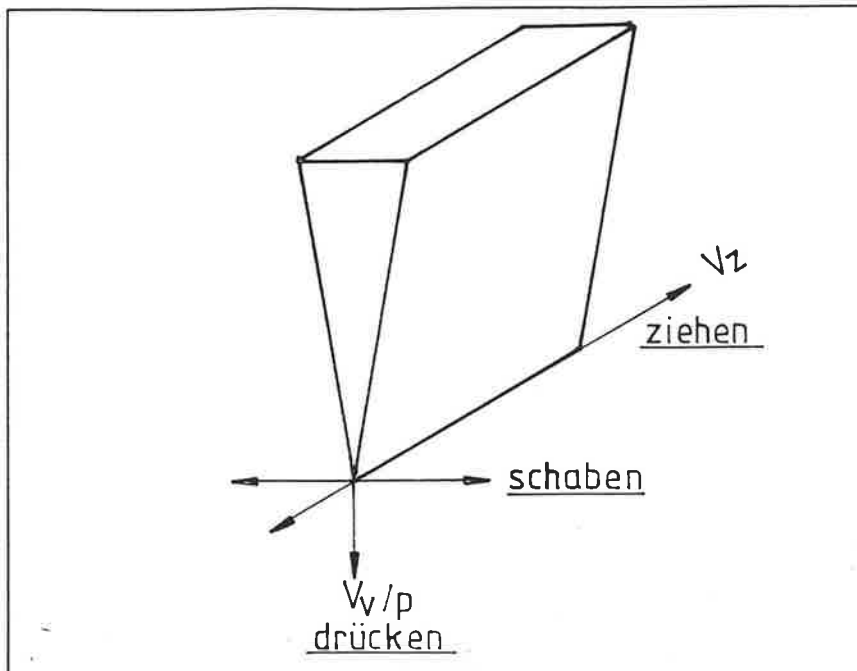


Bild 1 Schematische Darstellung der einzelnen Schnittarten

Zur Veranschaulichung der Vorgänge beim Schneiden mit Messern werden zunächst einige wichtige, bereits in anderen Arbeiten gefundene Grundlagen dargestellt. Ergebnisse aus den benannten Vorversuchen werden ergänzend miteinbezogen.

Der ziehende Schnitt

Beim ziehenden Schnitt wird die Messerklinge am zu schneidenden Stoff senkrecht zu dessen Oberfläche gezogen. Dabei können die Belastung und die Ziehgeschwindigkeit verschieden sein. Es tritt infolge Zug- und Druckbeanspruchung tangentialer Verschleiß an der Schneide auf, der von der Verschleißfestigkeit des Messerstahles, dem Auflagedruck, der Schneidenlänge, der Ziehgeschwindigkeit sowie dem geometrischen Zustand der Schneide abhängt. Die durch Reibung entstehende Wärme ist besonders beim maschinellen Schneiden mit hohen Ziehgeschwindigkeiten zu berücksichtigen. Die Prüfverfahren (1/2/3/4/12) beschreiben alle die Prüfung im Zugschnitt.

Der drückende Schnitt

Beim Druckschnitt fällt infolge des Fehlens der Zugkomponente der tangentialer Verschleiß in Schneidenlängsrichtung weg. Am Druckschnitt sind der Druck, der geometrische (Schneidenwinkel β , Schärfe b) und der innere Zustand des Werkstoffes (Gefügeausbildung, und Wärmebehandlung) beteiligt. Auch Reibung tritt als Einflußgröße auf. Diese zeigt sich durch erhöhten Schnittkraftaufwand (z.B. Käseschnitt). Eine thermische Belastung des Schneidenmaterials tritt hierbei im Regelfall nicht auf. Die Prüfverfahren (6/9/22) beschreiben alle die Prüfung im Druckschnitt.

Der schabende Schnitt

Der schabende Schnitt wird nur selten ausgeführt. Man könnte das Radieren, manchmal auch das Rasieren hinzuzählen. Das Rasieren stellt eher einen Grenzfall dar und würde, je nach Schneidenstellung, mehr zum Druckschnitt zu zählen sein. Der schabende Schnitt setzt sich aus Druck- und Biegebeanspruchung der Schneide zusammen.

Allgemeines zum Schneiden

Beim täglichen Gebrauch von Handmessern wird die eine oder andere Schnittart teils bewußt, teils unbewußt angewandt. Eine lange Messerklinge eignet sich vornehmlich zum Zugschnitt, eine sehr kurze Taschenmesser Klinge mehr zum Druckschnitt. Obwohl eine sehr kleine Klinge über eine große Strecke am zu schneidenden Gegenstand gezogen werden kann (Druckschnitt mit großem Neigungswinkel), steht nur ein sehr kleines Kurvenstück der Schneide, z.B. beim Ritzen von Pappe, zur Verfügung.

1.3 Die Schneideigenschaften und ihre Parameter

In den im Anhang aufgeführten Prüfverfahren wurden eingehende Untersuchungen über die grundlegenden Zusammenhänge sowie die Schneideigenschaften und deren Schneideigenschaftsparameter beim Messerschnitt bestimmt. Die Schneideigenschaften und ihre Parameter werden im nachfolgenden Text genauer dargestellt.

Schneidfähigkeit (SF)

Unter Schneidfähigkeit (SF) ist das Vermögen einer Schneide anzusehen, irgendeinen Körper, der weicher als die Messerschneide oder das Schneidwerkzeug ist, mehr oder weniger wirksam zu trennen. Diese Eigenschaft wird meist zahlenmäßig unter Berücksichtigung der Schneidleistung bei gleichen Arbeitsbedingungen ausgedrückt. Es ist aber auch möglich, die SF als Fähigkeit einer Schneide zu sehen, unter gleichen Arbeitsbedingungen in irgendeinen Körper mehr oder weniger stark einzudringen. An dieser Stelle ist es bereits von Wichtigkeit, daß zwischen einer Zugschnittfähigkeit (ZSF) und einer Druckschnittfähigkeit (DSF) unterschieden wird.

Die Schneideigenschaftsparameter bezüglich der (SF), die sogenannten „äußeren Faktoren“, sind Druck p , translatorische Geschwindigkeit v_z in Schneidenlängsrichtung, Reibung sowie Größe und Art des Schneidenwinkels β , Schneidendicke, Schärfe b und Schartigkeit (geometrische Größen).

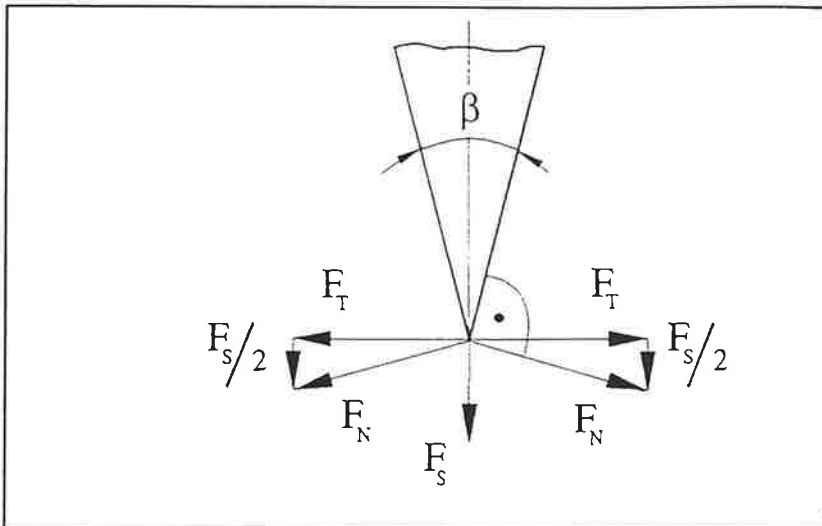


Bild 2 Kräfte am Schneidkeil

Druck p

Der Druck p ist die mechanische Hauptkomponente beim Zerteilen eines Stoffes. Mit zunehmendem Druck steigt die (SF). Mit zunehmendem Druck p sinkt aber auch die Schneidhaltigkeit (SH)(6).

Schneidendicke

Dickere Schneiden haben einen höheren Reibungswiderstand beim Schneiden, wodurch der Anschein entsteht, daß diese eher ihre Schneidfähigkeit verlieren (12). Mit zunehmender Schneidendicke wirkt sich die entstehende Keilwirkung immer stärker aus.

Schneidenwinkel β

Der Schneidenwinkel β , auch Abzugswinkel genannt, wird bei Kolberg untersucht. Mit zunehmendem Schneidenwinkel β nimmt die (ZSF) ab. Ein einseitiger Keilwinkel mit 10° entspricht einem Doppelseitigem Keilwinkel (Doppelseitiger Keilwinkel = DSK, mit 20°) in seiner Schneidfähigkeit.

Translatorische Geschwindigkeit v_z

Das Aufbringen translatorischer Geschwindigkeit v_z in Schneidenlängsrichtung hat zwei Auswirkungen. Zum einen ergibt sich eine dynamische Verkleinerung des Schneidenwinkels (Bild 3) und somit eine ZSF-Erhöhung. Bei diesem Vorgang geht der Schneidenwinkel β in einen effektiven Schneidenwinkel β_{eff} über. Dieser berechnet sich nach der Formel 1 wie folgt:

Formel 1

$$\beta_{\text{eff}} = 2 \arctan \left(\frac{d/2h \cdot (V_{\text{vor}} / \sqrt{V_z^2 + V_{\text{vor}}^2})}{1} \right)$$

Weiter ergibt auch eine ZSF-Erhöhung, wenn diese Geschwindigkeit v_z zusammen mit ausgeprägter Schartigkeit der Schneide beim Schneiden verwendet wird (Sägeeffekt). Daraus resultierend erhöht sich auch die Schneidhaltigkeit (ZSH).

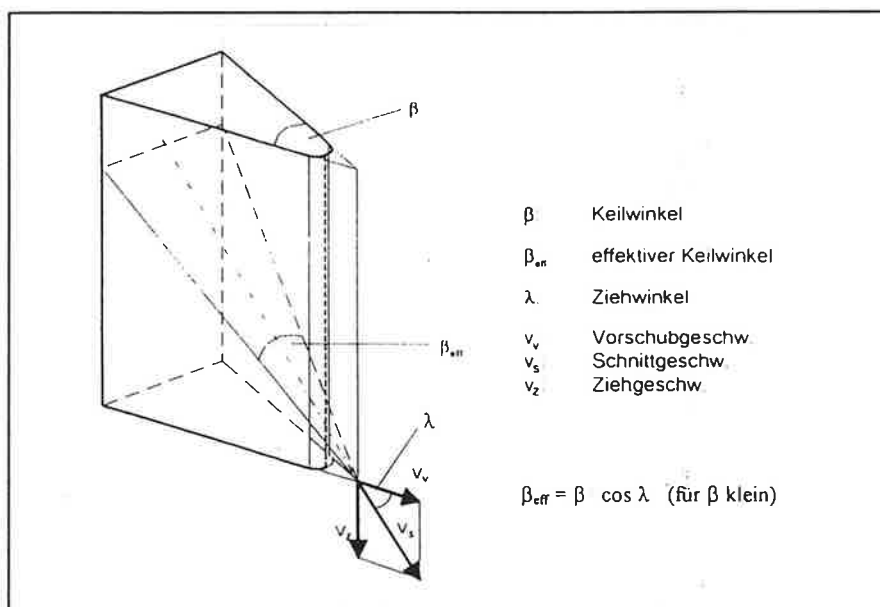


Bild 3 Dynamischer Zustand an der ziehenden Schneide

Schartigkeit

Die Schartigkeit begünstigt die durch Aufbringen von translatorischer Geschwindigkeit v_z entstehende Zugschnittfähigkeit (12). Es tritt ein Sägeeffekt ein, der das Schnittgut durch Zerreißen mit mehr oder minder starkem Materialverlust trennt. Schartige Schneiden werden auch als offene Schneiden bezeichnet.

Schärfe b

Die „Schärfe“, gesehen als geometrische Größe, ist der Radius der Verschleißmarke b der durch die Herstellung der Schneide bedingten „Stumpfungsparell“. Die Verschleißmarke b entsteht dadurch, daß diese hinsichtlich der durch die Abzugsflächen gebildeten, idealen geometrischen Kante bereits einen Höhenabstand h und damit auch eine Breite b hat. Nach Angaben der Fa. Wilkinson liegt die Breite b („Schärfe“) einer hochwertigen Rasierklinge bei etwa $b \cong 500 \text{ \AA} = 0,5 \text{ \mu m}$. Eigene Messungen und Angaben von Klemm (6) zufolge sind aber auch Schärfen, die durch mechanische Zustellung erzeugt werden, im Bereich zwischen $b \cong 0,3 - 0,1 \text{ \mu m}$ durchaus möglich.

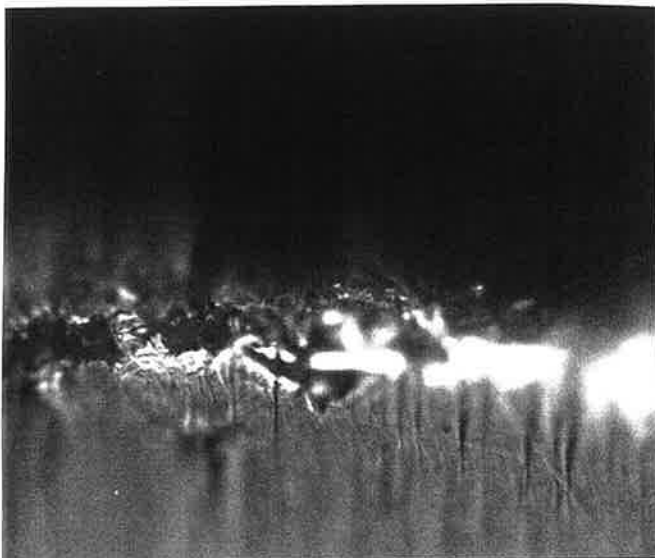


Bild 4 Abgerissene Schneide $V = 500 \times 1,8$

Schneidhaltigkeit (SH) :

Unter Schneidhaltigkeit (SH) versteht man den Widerstand einer Schneide eines Werkzeuges gegen Abnutzung durch mechanische, thermische und chemische Einflüsse. In der Literatur wird Schneidhaltigkeit (SH) oftmals auch als Stehen der Schneide bezeichnet. Die zahlenmäßige Bestimmung dieser Eigenschaft soll den Grad der Verminderung der (SF) im Gebrauch angeben.

Die Schneideigenschaftsparameter bezüglich der Schneidhaltigkeit (SH) sind die sogenannten „inneren Faktoren“ des Werkstoffes wie Festigkeit, Härte, Zähigkeit und Verschleißfestigkeit. Für Stahl also seine chemische Zusammensetzung, Herstellungsart und die Wärmebehandlung. Bei anderen Werkstoffen, z.B. Schneidmetall, Hartmetall, Keramik oder amorphe Strukturen (z.B. Obsidian, Glas), muß hier angepaßt gedacht werden.

So wie die Schneidfähigkeit (SF) eine Unterteilung in Zug- bzw. Druckschnitt erfuhrt, macht es auch Sinn, die Schneidhaltigkeit (SH) in dieser Art zu unterteilen. So steht nun (DSH) für Druckschnitthaltigkeit und (ZSH) für Zugschnitthaltigkeit.

Diese Größen stehen untereinander in Verbindung und sind nach vorhergehenden Arbeiten (siehe 6. Literatur) direkt bzw. indirekt voneinander abhängig.

Schnittgut

Das Schnittgut stellt selbstverständlich einen der ausschlaggebendsten Parameter dar. Winkel, Verschleißbeständigkeit und Schneidkantenstabilität sind den jeweiligen durch das Schnittgut bestimmten Schneidbedingungen anzupassen.

1.4 Versagensvorgänge

In den Untersuchungen (6/9/22) wurde festgestellt, daß Versagen einer Schneide im Druckschnitt fast ausschließlich auf Schartenausbruch (Mikrobruch) zurückzuführen ist. Gefügeinhomogenitäten wie ungleichmäßige Karbidverteilung, große Karbide, Verunreinigungen und Schwachstellen in der Matrix, stellen dabei die Ausgangspunkte des Versagens dar. Während ein Abtrag der Matrix zwar vorhanden ist, wird der lokale Ausbruch einzelner Gefügeteile doch als die Hauptursache des Versagens angesehen. Ein solcher Versagensvorgang ist in Bild 5 dargestellt.

Das Versagen einer Schneide im Zugschnitt unterliegt denselben Vorgängen wie beim Druckschnitt, nur daß durch das Aufbringen von translatorischer Geschwindigkeit v_z ein zusätzlicher Belastungsanteil in Schneidenlängsrichtung hinzukommt. Der lokale Ausbruch (Scharte) wird entlang der Schneide versetzt (tangentialer Verschleiß).

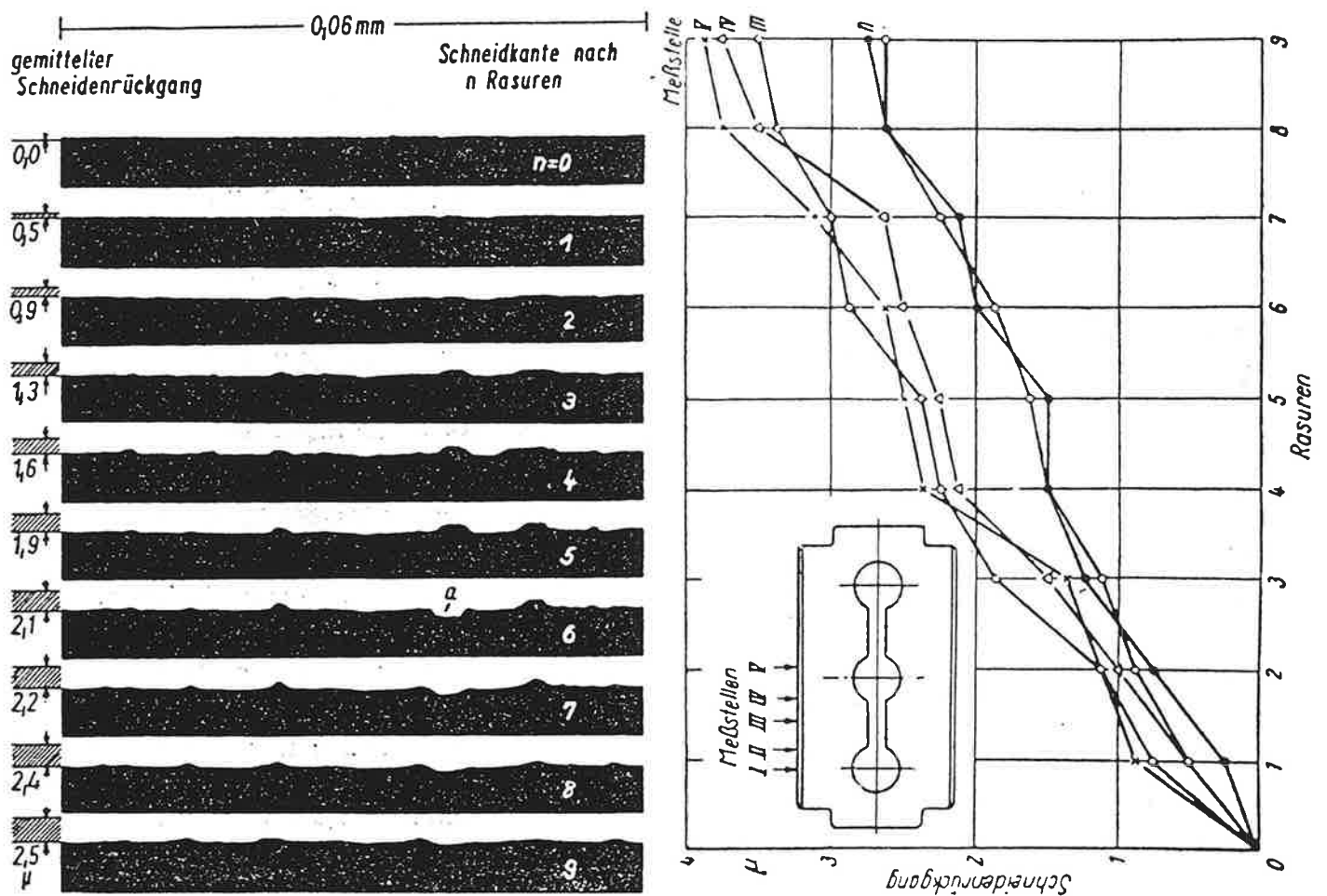


Bild 5 Ausbruchvorgang einer Scharte an einer Rasierklinge nach 9 Rasuren (9)

Räumlich gesehen führt dies zu einer Verschleißmarke, die einer quadratischen Parabel entspricht (3). Als weiterer wichtiger Versagensparameter ist die Reibungswärme anzusehen. Diese tritt vor allem beim maschinellen Schneiden in den Vordergrund. Ein Erweichen der Bindematrix durch thermische Einflüsse begünstigt die Versagensvorgänge erheblich.

Die einzelnen Zusammenhänge

Eine kurze Zusammenfassung stellt noch einmal die einzelnen Zusammenhänge bezüglich der Schneideigenschaften dar.

- Die Geometrie hat einen größeren Einfluß auf die Schneidfähigkeit (SF) als die chemische Zusammensetzung (6).
- Das Vermögen einer Schneide (SF), einen *weichen* Körper zu zerteilen, steigt mit der Zunahme der Messerhärte und der Abnahme des Schneidenwinkels β (6).
- Umgekehrt steigt das Vermögen einer Schneide (SF), einen *harten* Körper zu zerteilen, mit der Zunahme der Messerhärte und der Zunahme des Schneidenwinkels β (6).
- Die Schneidenwinkelart beeinflusst die (SF) (4).
- Mit Aufbringen einer translatorischen Geschwindigkeitskomponente v_z geht der Schneidenwinkels β in einen veränderlichen dynamischen Schneidenwinkel β_{eff} über.
- Mit zunehmendem Druck p steigert sich ebenfalls die Schneidfähigkeit (SF).
- Mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit v_z steigert sich die Schneidfähigkeit (SF).
- Die Schneidfähigkeit (ZSF) steigt mit der Zunahme der Schartigkeit (offene Schneide).
- Geschlossene Schneiden erhöhen die (DSF) (6).
- Feinere Schärpen b erhöhen die Schneidfähigkeit (SF).

- Die Schneidhaltigkeit (DSH) nimmt mit der Steigerung des Drucks p ab (6).
- Mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit v_z steigert sich die Schneidhaltigkeit (ZSH).
- Der Druck p ist die mechanische Hauptkomponente beim Zerteilen eines Stoffes (6).
- Art, Güte und innerer Zustand eines Werkstoffes sind maßgeblich für die Art und Dauer der Schneidhaltigkeit (SH) im Gebrauch (6).
- Das Versagen einer Schneide im Druckschnitt ist fast ausschließlich auf Schartenausbruch (Mikrobruch) an Gefügeinhomogenitäten oder Schwachstellen (Hartphase, Korngrenze, Verunreinigung, Restaustenit) zurückzuführen (6/9/22).
- Das Versagen im Zugschnitt führt zu einer Verschleißmarke, die einer quadratischen Parabel entspricht (3/6). Der maßgebliche Versagensvorgang wird mit der Längsversetzung von lokalen Ausbrüchen (Scharten) entlang der ziehenden Schneide erklärt (tangentialer Verschleiß) (6/22).
- Die Reibungswärme beim maschinellen Schneiden (Zugschnitt) begünstigt den Versagensvorgang durch Erweichen der Bindematrix.

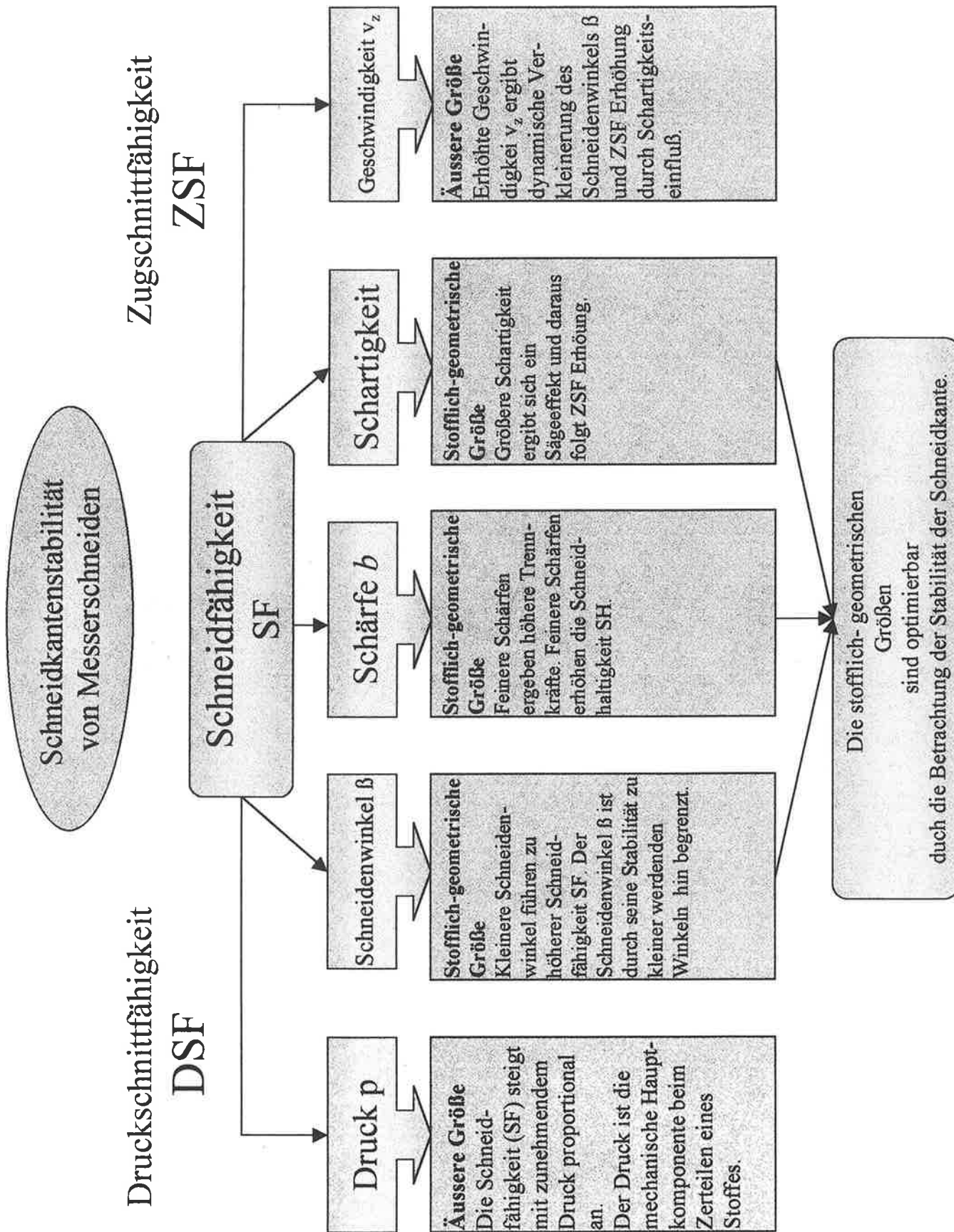


Bild 6 Struktogramm der Scheideeigenschaftsparameter im Hinblick auf die Schneidkantenstabilität

1.5 Werkstofftechnische Gesichtspunkte

Für Messer und Klingen gibt es eine Vielzahl von Werkstoffen, die zum Einsatz kommen. Feuerstein, Obsidian, Stahl, Schneidmetall, Hartmetall, Schneidkeramik, Diamant usw. Je nach Anwendungsfall kann nach Bedarf gewählt werden. Werkstoffe, die für feine Messerschneiden verwendet werden, benötigen hohe mechanische Eigenschaften. Im Falle von Handmessern und Rasierklingen usw., also Scheidwerkzeugen mit feinen Schneiden, hat sich Stahl als Grundwerkstoff bewährt. Durch Stahlverbunde (Matrix/ Hartphase) werden die geforderten Eigenschaften, z.B. Härte, Zähigkeit, Verschleißfestigkeit, Biegesteifigkeit, am vollständigsten bereitgestellt. Der Grund ist hierfür vor allem in der Werkstoffstruktur und deren relativ leicht steuerbaren Eigenschaften zu sehen. Mit Berücksichtigung der Versagensvorgänge beim Messerschnitt soll nun die Werkstoffstruktur von Stahl betrachtet werden.

Die Hartphase

In dem unter 2.12 Mikro stabilität beschriebenen außerordentlich feinen Bereich der Schneide (h -Wert ca. $0 - 3\mu$) (Bilder 5/ 9b) tritt der Einfluß der Werkstoffstruktur und Qualität deutlich zu Tage. Die Angaben der Schärfe b beziehen sich auf Rasierklingen, deren mittlere Größe der Hartphasen ($0,5 - 1\mu$) (Bilder 48 - 50) nahe dem Bereich der Schärfe b (ca. $0,1\mu$) einer scharfgeschliffenen Schneide liegen (Bild 7/ 51).



Bild 7 Rasierklinge (Wilkinson) scharf geschliffen $V = 1000 \times 1,2$

Das Zerschneiden amorpher Strukturen (z.B. Obsidian, Glas) ergibt Kanten, die durch den Schnitt zweier Bruchflächen entstehen. Deren Schärfe b ist so fein, daß man dabei von annähernden geometrischen Kanten (d.h. kaum flächenmäßige Ausdehnung der Kante, $b \ll 0.1 \mu\text{m}$!) sprechen kann. Mehrphasige metallische Werkstoffe hingegen erfahren die Grenze ihrer Schärfe im Bereich ihrer Einzelstrukturdimensionen, z.B. Hartphasengröße (Karbid, Nitrid, Borid,...) und durch Art und Güte ihrer Einbindung (Matrix).

Es ist zu beobachten, daß beispielweise stark ledeburitische Werkstoffe mit grober Verbundstruktur teils gute Schärfe annehmen. Diese bewegen sich aber kaum im Bereich $b < 1 \mu\text{m}$. Der Grund hierfür sind die Schneidkantensegmente, die durch die spröden Karbide gebildet werden. Sie brechen schon bei der Zustellung aus. Die Stabilität dieser Kante wird deutlich anders sein als die von Werkstoffen mit feiner Gefügestruktur. (Bild 8)

Geht man von der Vorstellung aus, daß ein Hartphasenkörper eines ledeburitischen Schnittstahles (z.B. 1.2379:keine PM Herstellung!) eine mittlere Ausdehnung von $\cong 30 - 50 \mu\text{m}$ (Bild 9c) besitzt und dieser in einen Klingenkörper eingeschrieben wird, ergibt sich folgendes (Bild 9b). Die spröde Hartphase ist aufgrund der geringen

flächenmäßigen Einbindung und der starken Härteunterschiede zwischen Matrix und Hartphase sehr anfällig für Ausbruch. Es gibt seitlich keinerlei Stützung durch eine elastisch puffernde Bindematrix. Unter Belastung versucht die Schneide auszuweichen und bricht aus (Bild 8).

Die zumeist sehr inhomogene Verteilung (Ledeburiteilen, Karbidnester) und die starken Größenunterschiede der eingebundenen Hartphasen wirken sich auch sehr nachteilig auf die Stabilität aus. Ein homogener Stahlverbund mit gleichmäßiger Verteilung, Größe und einem nicht zu hohen Anteil an Primärkarbiden in globularer Form bietet räumlich gesehen eine fachwerkartige Stützstruktur hoher Festigkeit. Im Belastungsfall ist der Kraftfluß gleichmäßiger und Spannungsspitzen treten weniger stark auf. Die Folge ist eine erhöhte Stabilität.

Ein weiteres Problem feiner Schneiden, welches bereits vorher angedeutet wurde, tritt bereits vor dem Gebrauch auf. Schon bei der Herstellung solch feiner Schneidengebilde ergeben sich Schwierigkeiten. Durch die Zustellung erscheinen

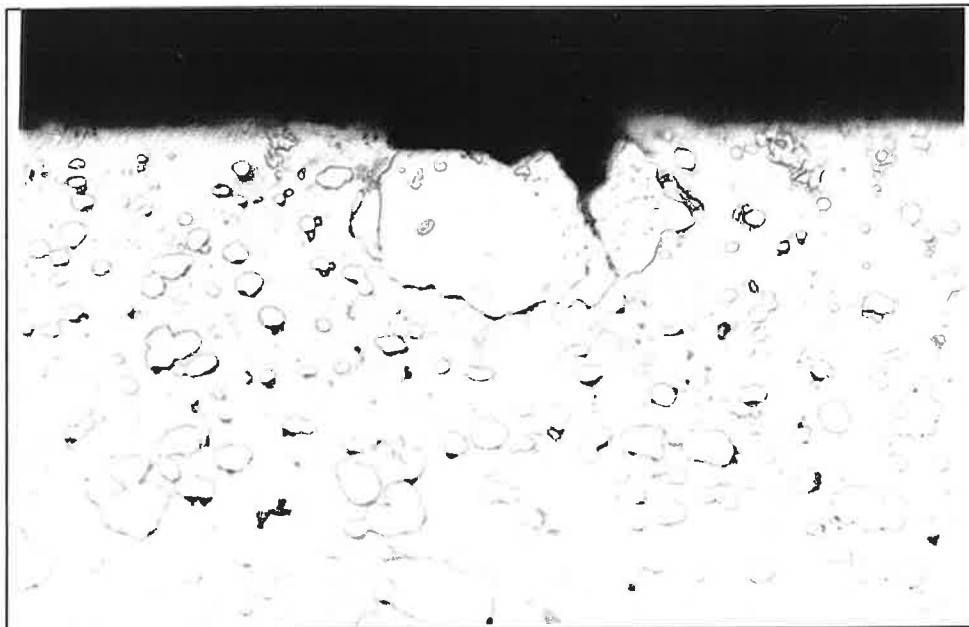


Bild 8 Karbidausbruch einer feingeschliffenen Schneidkante ATS-34 V = 1000X

immer wieder reliefartige Feinstausbrüche der Stahlverbunde im Mikrobereich. Zumeist sind es Hartphasen oder Hartphasenteile, die ausbrechen (Bild 8). Auch ein Abreißen der Schneidenspitze (Bild 4) beispielsweise beim Entfernen des Schleifgrates wird oft beobachtet. Die Folge ist eine erhöhte Schartigkeit der Schneidkante. Dies führt dann zu einer relativen Schärfe mindering und einer offenen Schneide. Diese einem schroffen Gebirge ähnelnde Schneide wird ebenso Stabilitätsschwächen aufweisen, da keine Stützung dieser „Zinken“ durch anliegendes Material entlang der Schneidkante vorhanden ist.

Ein Stahlblech aus weichem „einphasigem St 37“ wird beispielsweise eine scharfe und sauber geschlossene Schneide erzeugen, jedoch würde diese Schneide aufgrund der geringen Festigkeit des Werkstoffes (bzw. Stabilität) bereits nach der ersten Schnittführung versagen.

Ist die Härte der Hartphase nahe am Bereich der Härte der Matrix (Stahlmatrix max.: 1043 - 1141 HV_{25g}, Fe₃C 800 - 1150 HV₀₀₅), wie dies bei reinen Kohlenstoffstählen der Fall ist, zeigen die Schneidkanten geringere Neigung zum Ausbrechen bei der Zustellung. In diesem Zusammenhang spielt die Größe der Hartphase keine so gewichtige Rolle mehr. Am Beispiel des Wootz-Damastes (Hartphase Fe₃C: 10 - 25 µm) zeigt sich dies sehr deutlich (46). Mit diesem Material (C-Gehalt ca. 1.6%) werden ebenso wie mit anderen übereutektoiden Stahlegierungen feine Schärfe und sauber geschlossene Schneiden erzeugt. Das generelle Ausbruchverhalten unter Last wird jedoch ähnlich dem der zuvor beschriebenen ledeburitischen Legierungen mit großen Hartphasen sein.

Die Matrix

Die Bindematrix ist der zweite wichtige Werkstoffbestandteil. Sie fungiert im Stahlverbund als Bindemittel und muß daher ebenso als Fehlerquelle für Instabilitäten erfaßt werden.

Durch Stellen geringerer Güte, z.B. Verunreinigungen, Seigerungen, erhöhte Schwefel oder Phosphorgehalte, Restaustenit oder auch Korngrenzenzementit sowie grobes Gefügekorn (Austenitkorn), die bekanntlich weniger mechanischer Belastung

standhalten, sind Stabilitätsminderungen zu erwarten. Im Falle einer hohen Zieh- und Vorschubgeschwindigkeit muß noch zusätzlich auf das Erweichen der Matrix durch Reibungswärme geachtet werden.

Matrix/Hartphase

Das Verhältnis des Volumenanteils der Hartphase zur Matrix beeinflusst selbstverständlich ebenso die Stabilität. Die anschließende Grafik (Bild 9a) hilft dabei, diese Vorstellung zu verdeutlichen. Erhöht man den Anteil der Hartphase, verringert sich gleichzeitig die Menge der bindenden Matrix. Legt man nun in die feine Schneidengestalt die Gefüge hochlegierter Werkstoffe (Bild 9b), wie z.B. CPM T 440V, ELMAX..., ist zu erkennen, daß der tragende Anteil der Matrix nur noch sehr gering im Vergleich mit niedriger legierten Werkstoffen, z.B. 1.2067, 1.2562,... ist.

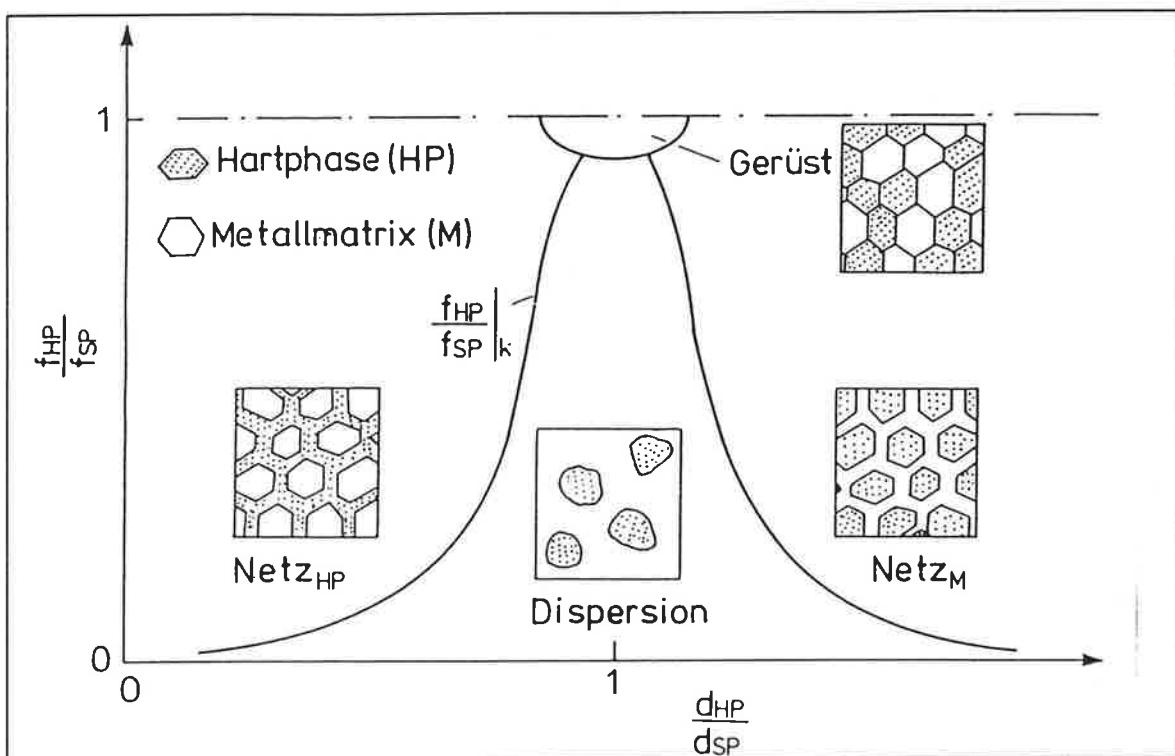
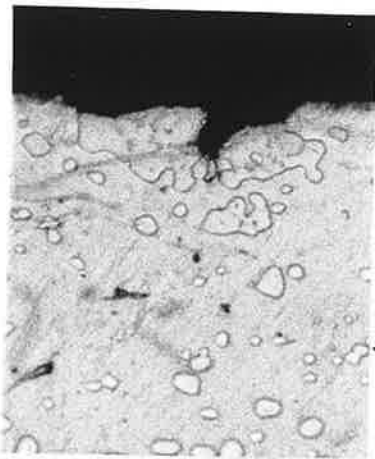
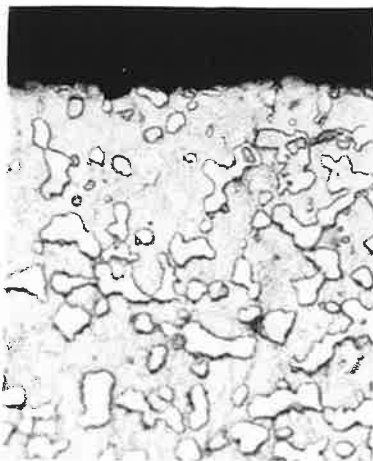


Bild 9a Einfluß der Hartphasenanteile im Verhältnis zur Matrix. Hier die Schematische Darstellung des Gefügebau eines Stahlverbundes (Hartphase / Matrix) mit Berücksichtigung der Korngrößen und der Volumenverhältnisse.

Die fachwerkartige Stützwirkung wird durch den erhöhten Hartphasenanteil stark geschwächt und ganze Verbundsegmente neigen dazu auszubrechen. Niedrige Stabilitäten und hohe Schartigkeit und frühzeitiges Versagen sind die Folgen (Bild 16).



ATS-34 V=1000

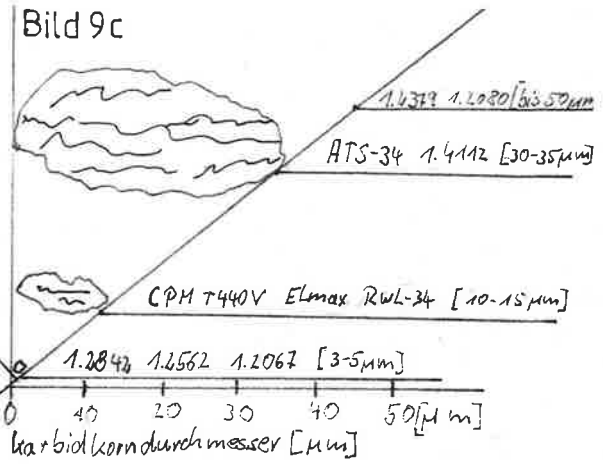


CPM T 440V V=1000



1.2842 V=1000

1.3505, 1.2008
oder Gilet / Wilkinson -
Rasierklängen
E_z ≈ 2,5 μm



Mikro-
bereich

Schärfe $b \approx [1 \mu m]$

Makrobereich

Verschleißmarke b
 $b \approx [10 \mu m]$ Stumpf!

$\beta = 20^\circ$

Klingenkörper V=1000

Bild 9b

Bild 9b Zeichnung der vergrößerten idealen Schneidkante (Klingenkörper) V = 1000X. Gefügeaufnahmen von ATS-34 CPM T440 V und 1.2842 V = 1000X zum Einbeschreiben in den Klingenkörper. Bild 9c mittlere Karbidgröße [μm] verschiedener Werkstoffe.

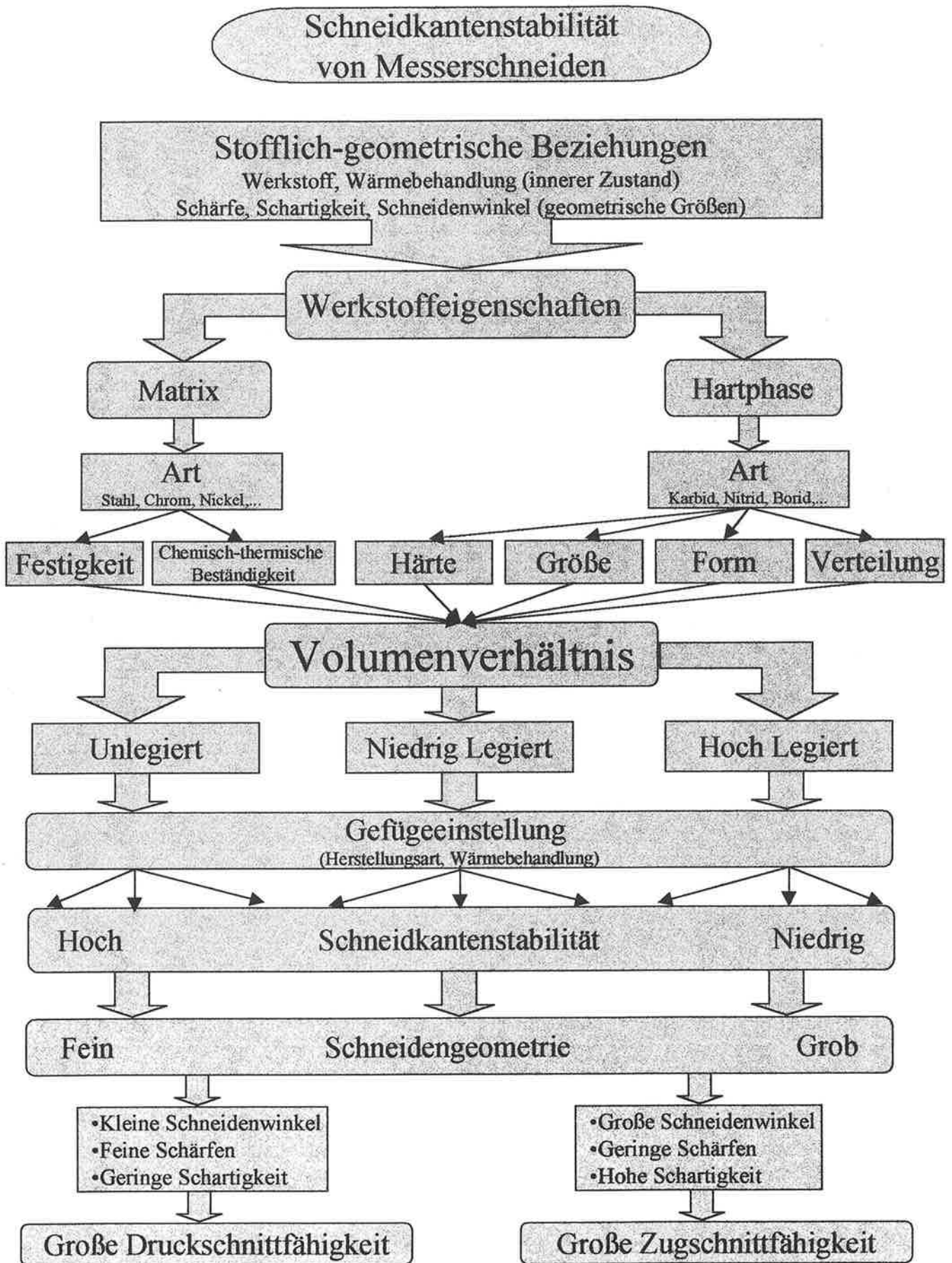


Bild 9d Flußdiagramm für die stofflich- geometrischen Beziehungen

2 Die Optimierung des Werkzeugsystems Messer

Damit ein gut funktionierendes Schneidwerkzeug entsteht, ist es wichtig zu wissen, wie die einzelnen Parameter des Werkzeugsystems Messer zusammenarbeiten (siehe Abschnitt 1. Einleitung). Zu Beginn steht die Schneidaufgabe. Diese wird durch das Schnittgut, die Schneidart und die Führung der Klinge (Handmesser/Maschinmesser) gebildet. Weiterhin sind noch die physikalischen und chemischen Bedingungen (z.B. Reibungswärme, Korrosion) zu berücksichtigen.

Zur Erstellung eines Lösungsansatzes gilt folgendes:

- Die Schneiddicke, Schneidenwinkel β , Schärfe b und die Schartigkeit werden als „geometrische Größen“ aufgeführt.
- Druck p , Geschwindigkeit v_z , Reibung und Schnittgut werden als „äußere Faktoren“ (Schneidbedingungen) bezeichnet.
- Die Werkstoffeigenschaften bei Stahl, bestimmt durch die chemische Zusammensetzung, Herstellungsart und Wärmebehandlung, werden als **stoffliche Größen** (entsprechend den „inneren Faktoren“) angesehen.

Die folgenden Ausführungen sind auf den Makro- bzw. Mikrobereich (2.1.1/ 2.1.2) einer Schneide bezogen und dürfen nicht auf die gesamte Klinge angewendet werden .

Zusammenfassung

Der Widerstand, den eine Schneide gegenüber Abnutzung durch mechanische, thermische und chemische Einflüsse aufbietet, wird nach (6) als Schneidhaltigkeit (SH) bezeichnet. Dies bedeutet mechanisch gesehen, je stabiler eine Schneide gegen elastische, plastische Verformung oder Bruch ist, umso länger wird diese ihre Form beibehalten. Eine Schneide gilt also demnach für diesen Bereich als mechanisch stabil, wenn unter gegebenen äußeren Faktoren (Schneidbedingungen) in geringem Maße elastische, jedoch keinerlei plastische Verformung oder Bruch auftritt und zum Versagen führt (Verschleiß der Schneide = Stumpfen).

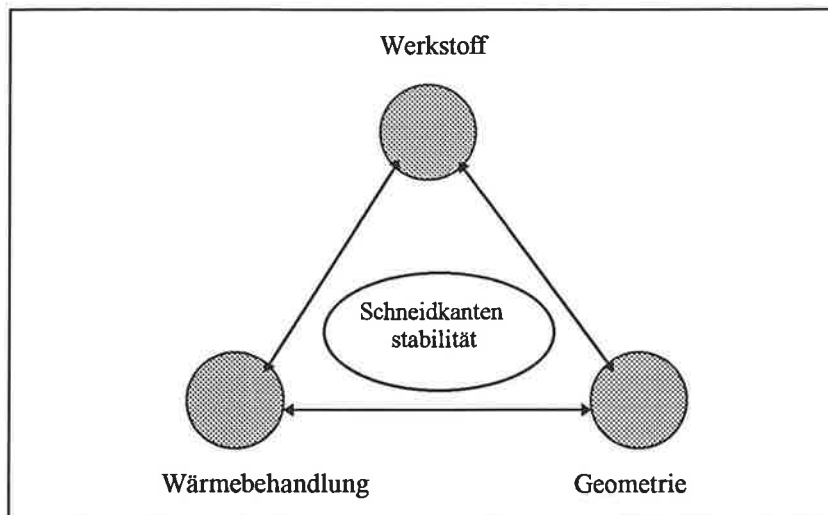


Bild 10 Schematische Darstellung der Schneidkantenstabilitätsparameter, auch stofflich -geometrische Größen genannt.

- Auf den *Werkstoff* bezogen bedeutet dies, daß derjenige Werkstoff unter der Voraussetzung der richtigen Wärmebehandlung und Geometrie der stabilste ist, welcher die größte Sicherheit gegen elastische, plastische Verformung und Bruch, bezogen auf den Anwendungsfall aufweist.
- Auf die *Wärmebehandlung* des Schneidenwerkstoffes bezogen bedeutet dies, daß die Wärmebehandlung die geeignetste ist, welche es dem gewählten Werkstoff ermöglicht, die höchstmögliche Stabilität der Schneidengeometrie bezüglich der Anwendung zu erlangen.
- Auf die *Schneidengeometrie* bezogen bedeutet dies, daß unter der Voraussetzung der maximal erreichbaren Werkstoffgüte (Werkstoffart, Wärmebehandlung) diejenige Geometrie die geeignetste ist, welche höchste SF/SH bei genügender Stabilität bezogen auf das zu schneidende Gut hat.

Die stofflich-geometrischen Größen (Werkstoff, Wärmebehandlung, Schneidengeometrie) stehen untereinander in Beziehung und bieten die Möglichkeit,

eine Optimierung der Schneideigenschaften im technischen Sinne vorzunehmen. Die unter gegebenen äußeren Faktoren (Schneidbedingungen) in Bezug stehenden optimierbaren Parameter eines Messers sind dessen innerer Zustand (Werkstoffart, Wärmebehandlung) und geometrischer Zustand (Schneidenwinkel, Schartigkeit, Schärfe, Schneidendicke).

Um eine Optimierung vornehmen zu können, müssen diese Parameter prüfbar sein. Ein geeignetes Prüfverfahren muß also diese Veränderlichen unter Berücksichtigung der äußeren Faktoren prüfen, werten und dadurch eine Optimierung möglich machen.

2.1 Folgerungen

Mit der Kenntnis um einen Großteil der Versagensvorgänge (Abschnitt 1.4 Versagensvorgänge) beim Schneiden mit Handmessern (6/9/22) läßt sich folgendes feststellen. Die mechanische Hauptkomponente beim Zerteilen eines Stoffes ist der Druck p . Der maßgebliche Versagensvorgang bei Zug- bzw. Druckschnitt ist derselbe, der lokale Ausbruch (Scharte). Dies gilt für Schnitte, die aufgrund ihrer Führung (Handführung, keine maschinellen Messer!) keine thermische Belastung durch Reibungswärme erzeugen. Das Auftreten solcher lokaler Ausbrüche wird als lokale Instabilität betrachtet. Diese Instabilitäten treten sowohl im Makro-, als auch im Mikrobereich (2.1.1/ 2.1.2) von Schneiden auf (Bild 9b). Der Unterschied ist hierbei nur in der Dimension der Ausbrüche zu sehen.

Zur differenzierteren Beurteilung wird zwischen einem Makro- und einem Mikrobereich unterschieden. Um den Makro- und Mikrobereich einer Schneidkante auf seine Stabilität zu untersuchen, müssen diese Bereiche festgelegt werden.

2.1.1 Makrobereich/ Makrostabilität

Als Makrobereich einer Schneidkante wird der gesamte Arbeitsbereich von „scharf“ bis „stumpf“ bezeichnet (Bild 9b). Also die Höhe h der Verschleißmarke b der scharfgeschliffenen Schneide über der Stumpfungsparebel, welche die untere Grenze der Gebrauchsfähigkeit angibt. Nach Voruntersuchungen liegt der Arbeitsbereich eines solchen Verfahrens für eine Klinge bei einem DSK-Winkel von $\beta = 25^\circ$ innerhalb eines h -Wertes von 0 - 30 μm .

2.1.2 Mikrobereich/ Mikrostabilität

Der Mikrobereich ist ein „Teilbereich“ des vorab beschriebenen Makrobereiches (Bild 9b). Zur Prüfung muß ein eigenständiges Verfahren angewandt und in einer gesonderten Arbeit dargestellt werden. Die Überprüfung der Mikrostabilität ist eine Methode, um festzustellen, ob ein Werkstoff Eigenschaften für feinste Schneiden (Rasiermesser) aufweist. Der Arbeitsbereich eines solchen Verfahrens müßte nach (9/22) bei einem h -Wert von etwa $0 - 3\mu\text{m}$ bezogen auf einen DSK-Winkel von $\beta = 25^\circ$ für feine Schneiden liegen. Als weiterer Anhaltspunkt für den Messbereich ist auch die kleinste Dimension der entsprechenden Hartphase des verwendeten Werkstoffes anzusehen.

Schlußfolgerung

Es bedarf nun eines Verfahrens, das die stofflich-geometrischen Beziehungen (Wärmebehandlung, Werkstoff und Geometrie der Schneide) im Makro- wie im Mikrobereich unter Berücksichtigung der Versagensvorgänge optimierbar macht. Diese müssen dann auf einen praktischen Anwendungsfall (Schneidaufgabe) hin auslegt werden. Folgerichtig muß ein Prüfverfahren diesen Vorgängen weitgehend entsprechen. Der lokale Ausbruch muß also durch eine Testeinrichtung simuliert werden.

Ein solches Verfahren ist das Druckschnittverfahren nach Klemm (6). Mit dem Druckschnittverfahren kann die Makrostabilität einer Klinge überprüft werden. Dann lassen sich Werkstoff, Wärmebehandlung und Geometrie einer Messerklinge unter Berücksichtigung der Schneidbedingungen einstellen.

2.2 Bisherige Prüfverfahren

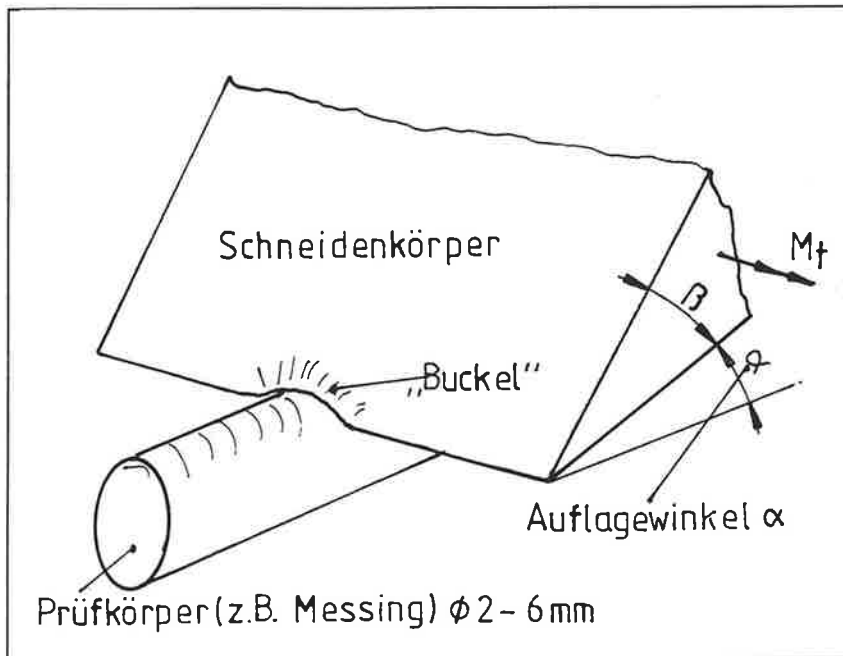


Bild 11 Phänomenologisches Verfahren als einfacher Praxistest

2.2.1 Phänomenologisches Verfahren

Das hier beschriebene Verfahren findet hauptsächlich in der Praxis bei Messermachern und Messerschmiedern seinen Einsatz. Es wird dort zur Überprüfung des Zähigkeitsverhaltens der Schneidkante im Gebrauch eingesetzt.

Die unter (3. Versuchsdurchführung) behandelten Proben wurden parallel zur Überprüfung der Schneidkantenstabilität mit dem Druckschnittverfahren auch dieser Prüfung unterzogen, um die gefundenen Ergebnisse zu relativieren. Die Ergebnisse wurden jedoch nicht zu Bewertungen herangezogen.

Das beschriebene Verfahren bildete mit die Grundlage für die Art der nachstehenden Schneidkantenstabilitätsprüfung mit dem Druckschnittverfahren und stellt außerdem die Verbindung mit der Praxis dar. Es soll hier daher in seiner Art beschrieben werden:

Auf einen Rundkörper, meist aus Messing oder Stahl mit einem Durchmesser von \varnothing 2-6 mm, wird die Schneide einer Klinge in einem Winkel von 20° - 30° seitlich aufgelegt. Dann wird eine Last durch eine Drückbewegung mit der Hand aufgebracht.

Dadurch wird die Schneide sektionsweise seitlich ausgelenkt. Man sagt: die Schneide „buckelt“.

Knackt es dabei oder bricht die Schneide in Form einer Scharte seitlich aus, dann gilt die Schneidkante als zu spröde für den allgemeinen Gebrauch („instabil“). Der Messerschmied wird daraufhin die Wärmebehandlung ändern, z.B. die Anlasstemperatur erhöhen. Bleibt die Schneidkante nach dem Auslenken in dieser Stellung, ist sie also plastisch verformt, so gilt sie als zu weich für den allgemeinen Gebrauch. Dies bedeutet, daß die Wärmebehandlung ggf. mit anderen Werten wiederholt werden muß. Es ist aber auch möglich, daß der Werkstoff ungenügende Grundeigenschaften besitzt. Angestrebt wird hierbei eine elastische Schneidkante hoher Schneidenhärte.

Beim Blick auf die Verfahrensbedingungen ist gut zu sehen, daß zwar mit ausgedehnter Erfahrung des Prüfers diese Ergebnisse durchaus zu groben Richtlinien führen können. Es ist aber sicher einzusehen, daß dabei vergleichbare Ergebnisse in wissenschaftlichem Sinn mit Sicherheit nicht entstehen können.

2.2.2 Druckschnittverfahren nach Klemm

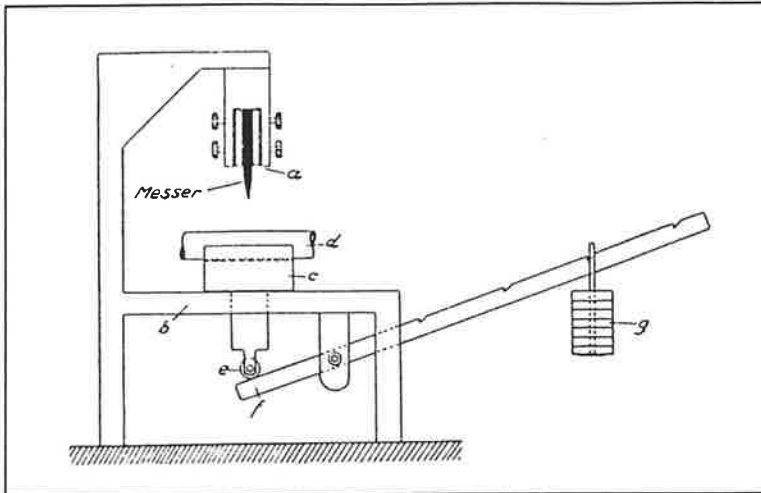


Bild 12 Druckschnittverfahren nach Klemm schematische Darstellung

Dem Druckschnittverfahren liegt folgendes Prinzip zugrunde:

Die Schneide eines Messers dringt bei gegebener Last um so weniger tief in einen Metallkörper ein, je härter derselbe ist. Aus der von den Daten eines Messers (Schneidengeometrie, Werkstoff und Härte) abhängigen Eindringtiefe soll bei verschiedenen harten Prüfkörpern auf die SF und SH eines Messers geschlossen werden. Die zum Einsatz kommenden Prüfkörper sind zum einen Hüttenweichblei (Pb 99,9%) und gehärteter Stahl mit ca. 68 HRC, beide in zylindrischer Form.

Mit dem senkrechten Eindringen des Messers in den Weichbleiprüfkörper (Zylinder) wird über die zurückbleibende, meßbare Sehnenlänge des Abdruckes die Schneidfähigkeit SF bestimmt. Mit dem Eindringen des glasharten Stahlzylinders in die Messerschneide wird über die Sehnenlänge des zurückbleibenden Abdrucks in der Messerschneide die Schneidhaltigkeit ermittelt. Ein vorab bestimmter Gleichheitswert GW gibt an, bis zu welcher Härte eine Schneide von bestimmter Beschaffenheit einen Stoff noch zerteilen kann, ohne daß dieselbe hierbei mechanisch stärker verletzt wird als der zu schneidende Stoff. Bezogen auf diesen Gleichheitswert wird das Verhältnis SF/SH, welches als Maß für die Güte eines Messers betrachtet wird, unter Angabe der Versuchsparameter (Prüfkörperdurchmesser/ Belastung/ Prüfdauer = SF/SH) aufgeführt.

2.2.3 Weitere Verfahren

Der Bericht (22) beschreibt die Entwicklung eines Prüfgerätes zur Messung des Schneidverhaltens feiner Messerschneiden unter besonderer Berücksichtigung der Rasierklingen. Er geht auf den Druckschnittverschleiß an Rasierklingen ein.

Im Unterschied zur Klemmschen Prüfmethode wird bei diesen Verfahren dynamisch im Druckschnitt getestet. Das Prüfmedium ist hierbei eine Kunststoffolie. Diese wird mechanisch gesteuert senkrecht zur Schneide gezogen. Dabei wurde festgestellt, daß Versagen hauptsächlich durch lokale Ausbrüche (Scharten) und weniger durch abtragenden Verschleiß der Matrix des Werkstoffes auftritt. Auch Stropfel (9) stellt diese Zusammenhänge in seiner Arbeit derartig dar. Bei Stropfel geschieht die Prüfung durch Rasieren eines Bartes. Dieser Vorgang ist in Bild 5 zu sehen.

2.3 Ziele und Wege

Ziele

Durch die Betrachtung der Makrostabilität soll die Möglichkeit gegeben werden,

- die stofflich-geometrischen Beziehungen von Werkstoff, Wärmebehandlung und Schneidengeometrie auf einen bestimmten Anwendungsfall hin zu optimieren.

Außerdem möchte diese Arbeit, wie auch Klemm, einen Teil der Antworten auf die Frage,

- warum ein durchaus verschleißfester Werkstoff nicht unbedingt der schneidfähigste schneidhaltigste oder auch schärfste ist, finden.
- Weiterhin soll es erleichtert werden, Werkstoffe in druckschnitt- oder zugschnittgeeignet einzuteilen, womit es dem Anwender vereinfacht wird, die richtige Werkstoff- bzw. Wärmebehandlungswahl zu treffen. Hierzu soll ein Raster geschaffen werden.

Da es aber im Rahmen dieser Diplomarbeit nur bedingt möglich ist, ausführlichst auf dieses sehr komplexe und umfangreiche Thema einzugehen, ist es weiter ein Ziel,

- Ansatzmöglichkeiten für weitere Entwicklungen vorzuschlagen.

Wege

Aufgrund von Erfahrungen aus der Praxis und anhand entsprechender Literatur wird ein Teil der für geeignet erscheinenden Legierungen, d.h. Werkstoffe, die eine ausreichende Festigkeit zur Verfügung stellen, vorgestellt und geprüft.

- Die Werkstoffe werden mittels Spektralanalyse auf ihre chemische Zusammensetzung hin analysiert.

- Die Wärmebehandlungen werden mittels Makrohärtemessungen überprüft. Härteverläufe werden durch Mikrohärtemessung dargestellt.
- Mit Hilfe der Lichtmikroskopie (LIMI) werden die Gefüge untersucht und gegenübergestellt.
- Das Rasterelektronenmikroskop (REM) dient dazu, ein leichter verständliches, dreidimensionales Bild von Schneiden zu zeigen.
- Mit dem Druckschnittverfahren werden Meßreihen erstellt und die Makrostabilität der Schneidkanten ermittelt.

3 Versuchsdurchführung

3.1 Probenfertigung

3.1.1 Werkstoffe

Zum Einsatz bei den Versuchen kamen Werkstoffe, die ihre Anwendung erfahrungsgemäß in der Schneidwarenindustrie finden. Vornehmlich sind dies Qualitäten mit hohem Kohlenstoffgehalt. Ein Teil weist auch eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Korrosionsbeständigkeit auf. Auch unterschiedliche Herstellungstechniken bei der Stahlerzeugung (z.B. PM-Herstellung) werden teilweise berücksichtigt. Grundsätzlich sind die meisten Werkstoffe dem Bereich Kaltarbeit zuzuordnen, obwohl bei einigen, vornehmlich rostbeständigen Qualitäten bei entsprechender Behandlung durchaus Schnellstahlcharakter erzeugbar wäre.

3.1.2 Analysen

Die Analysen wurden mittels eines Spektralanalysegerätes für metallische Werkstoffe durchgeführt. Der Anlieferungszustand der Halbzeuge war weichgeglüht.

Nr.:	Bezeichnung	DIN	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Mo (%)	V (%)	W (%)	Sonst.	Herst.
1	Nr.:1.1740	C 60 W	0,64	0,3	0,78	0,25					-
2	Nr.:1.2067	100 Cr 6	1	0,38	0,61	1,3					-
3	Nr.:1.2002	125 Cr 1(Stahlschlüssel)	1,25	0,2	0,7	0,35					
4	Nr.:1.2562	142 WV 13	1,37	0,28	0,36	0,44		0,23	2,98	Co 0,31	-
5	Nr.:1.2838	145 V 33	1,45	0,4	0,32	0,44		2,91			-
6	Nr.:1.2842	90 MnCrV 8	0,94	0,27	2,23	0,3				Ni 0,13	-
7	Nr.:1.2379	X 155 CrVMo 12 1	1,58	0,29	0,33	11,7	0,68	0,85		Ni 0,14	-
8	Nr.:1.4031	X 40 Cr 13	0,38	0,49	0,5	12,8				Ni 0,23	-
9	Nr.:1.4110	X 55 CrMo 14	0,58	0,61	0,47	14,85	0,82			Ni 0,23	-
10	Nr.:1.4112	X 90 CrMoV 18	0,92	0,25	0,46	18,25	1,14			Ni 0,19	-
11	Nr.:1.4116	X 45 CrMoV 15	0,43	0,3	0,39	14,9	0,45	0,1		Ni 0,1	-
12	ELMAX	X 180 CrVMoW 17 2 1	1,79	0,57	0,28	16,65	1,13	2,1	0,14	Ni 0,11	PM
13	ATS-34	X 105 CrMo 14 4	1		0,42	13,7	4				-
14	RWL-34	X 105 CrMoV 14 4	1,08	0,31	0,31	13,8	4,7	0,29		Ni 0,1	PM
15	PMD	-	0,8	0,33	0,4	14,38	1,9	0,14			PM/S
16	CPM T 440V	X 231 CrVMo 18 3 1	2,31	0,44	0,41	17,7	0,4	3,1		Ni 0,17	PM
17	PMC 27	X 60 Cr 14 (Werksangabe)	0,6	0,5	0,5	14					PM
18	LD	-	1,04	0,19	0,9	0,2				Ni 0,14	FS

Tabelle1 gibt die Analysen der chemische Zusammensetzung der Versuchswerkstoffe wieder.

3.1.3 Probenlage

Die Proben für die nachstehenden Versuche wurden aus den Legierungen der in der Tabelle 1 aufgeführten Werkstoffe gefertigt. Grundsätzlich wurde bei den Proben von Flachmaterial in den Abmessungen 30 mm × 3 mm ausgegangen. Die Lage der Schneidenebene ist hierbei in Walzrichtung.

Bei den Qualitäten 1.2838 und 1.2562 sind Scheiben von einem Knüppelmaterial der Dimension 30 × 10 mm benutzt worden. Die Lage der Schneidenebene nach der Präparation war parallel zur Walzrichtung. Die Probenserie einer Legierung wurde immer aus der selben Charge gefertigt.

Die Herstellungsart der Stähle (1-11/13) sowie deren Umformgrad sind nicht bekannt.

Die Stähle (11/12/14/15/16/17) wurden durch (PM) pulvermetallurgische Herstellung (HIP= Heiß isostatisches Pressen) gefertigt. Der Umformgrad ist nicht bekannt. Die Qualität PMD (15) wurde durch alternierende Schichtstreuung unterschiedlicher Pulver zu 120 Lagen der Werkstoffqualitäten RWL-34 und PMC 27 hergestellt.

Die Qualität Leistungsdamast (LD, 18) wurde schmiedetechnisch im Holzkohlenfeuer durch mehrere Feuerschweißungen der Qualitäten 1.2842 und 1.2002 hergestellt. Die Lagenzahl beträgt etwa 180. Die beiden Ausgangsmaterialien waren in einem Paket gleicher Schichtenstärke aufgebaut. Der Umformgrad dieser Handschmiedung ist unbekannt. Die Herstellungsart der Ausgangsmaterialien sowie deren Umformgrad ist ebenfalls unbekannt.

Mit Ausnahme der Qualität 1.4110 mit einer Blechstärke von 1.2 mm wurden alle Proben auf eine Stärke von 2 mm heruntergeschliffen. Die Breiten der Proben betragen 10-12 mm, die Längen zwischen 20-35 mm. (Bild 56)

3.1.4 Probenpräparation

Die Aufbereitung der Proben für die Versuche geschah wie folgt:

Vor der WB wurde auf einer Seite der Probe eine Oberflächenbearbeitung mit Naßschleifeinrichtungen bis zu einer Körnung 1200 (30µ) vorgenommen. Danach

wurde unter Zuhilfenahme eines Schleifschlittens (Bild 13) ein einseitiger Keilwinkel mit 20° in rohem Vorschliff auf einem Bandschleifer hergestellt.

Nach der WB wurde die Schneide ausschließlich mit metallografischen Naßschleifeinrichtungen und mit der Hilfe des Schleifschlittens (Bild 13) die Schneide erzeugt. Die verschiedenen Bearbeitungsschritte für die Winkelphase waren wie folgt: Vorschleifen mit Naßschleifpapier Körnung K80, K180, K320, K800, 1200 (Siliciumcarbid). Polieren mit polykristallinem Diamant (PKD) in einer Sprühsuspension Körnung 6μ , 1μ .

Ausgehend vom Vorschliff der anderen Schneidenfläche wurde diese mit Körnung 1200, 6μ , 1μ , fertigbearbeitet und damit eine sehr gleichmäßige Schneide hergestellt. (Bild 54)

Um die Gefahr feiner Ausbrüche an der Schneide bei der Zustellung zu mindern, wurden beim Polieren der Schneiden höhere Schleifgeschwindigkeiten ($\geq 300\text{min}^{-1}$, bei $\varnothing 200$ mm Scheibendurchmesser) angewandt.

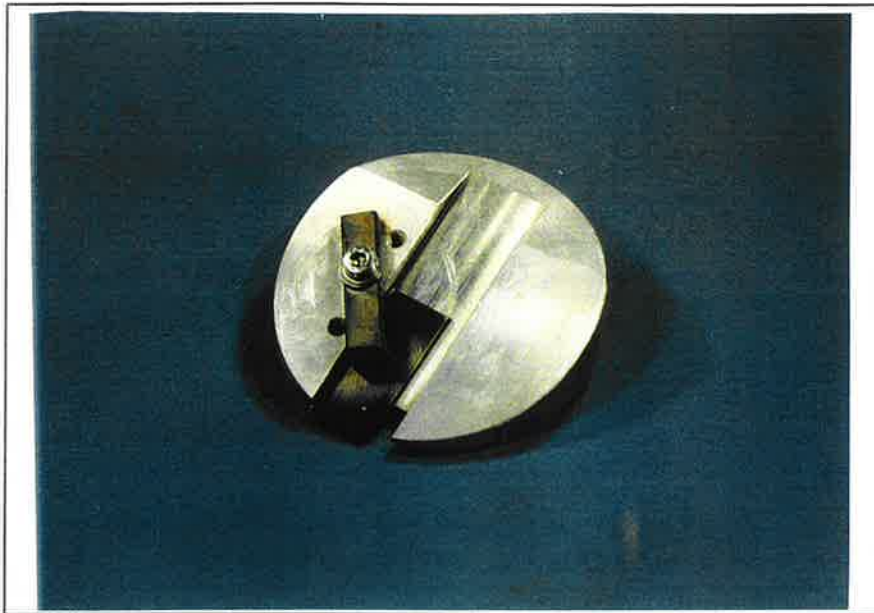
Die Probenpräparation stellte sich im Laufe der Versuche neben der WB als der zeitaufwendigste Teil der Arbeit heraus. So nahm die Fertigstellung einer einzigen Probe nach der WB, oftmals 25 Minuten und mehr in Anspruch.

3.1.5 Qualitätskontrolle

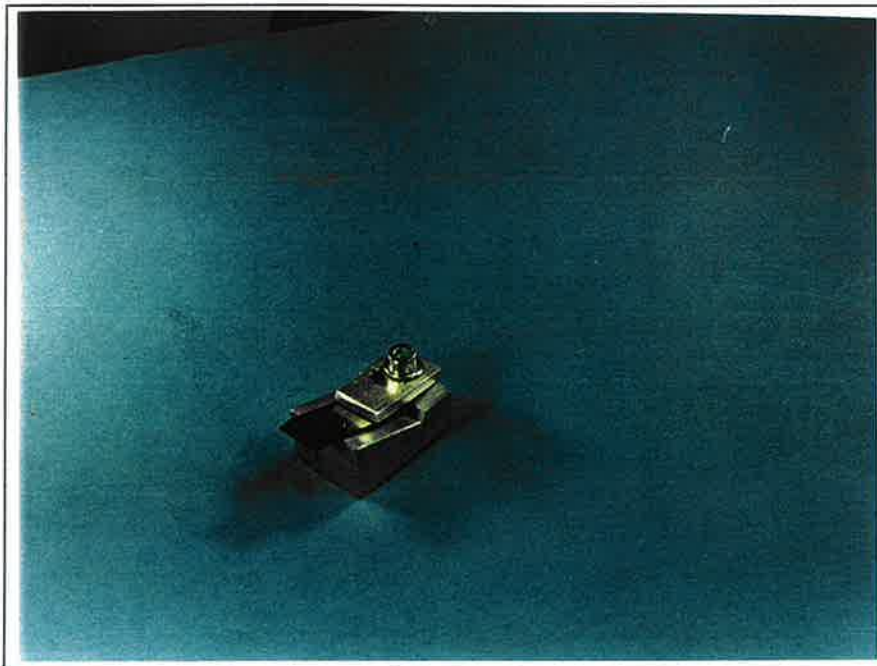
Zur Qualitätskontrolle wurden die Proben mit dem Auflichtmikroskop (LIMI) und mit Hilfe der Z-Winkelhalterung (Bild 14) auf ihren einwandfreien Zustand hin überprüft und falls nötig nachgearbeitet.

Die Beurteilungskriterien waren Grاتفreiheit (V 500-1000-fach), Schartigkeit und allgemein der homogene, optische Oberflächenzustand der bearbeiteten Flächen und der Schneidkante (V 100-200-fach).

3.1.6 Hilfsmittel



Schleifschlitten (Bild 13)



Z-Winkelhalterung (Bild 14)

3.2 Wärmebehandlungen

3.2.1 Allgemeine Gesichtspunkte

Die Verfahren sind in ihrer Grundidee zur Anwendung auf feine Messerklingengeometrien gedacht. Grundsätzlich war es die Absicht, alle Stahlqualitäten mit einer WB für den Kaltarbeitsbereich zu versehen, in dem sich eine Messerklinge von ihrer Anwendung her befindet. Die WB'en beinhalten im einzelnen folgende Arbeitsschritte. Mehrstufiges Vorwärmen, Austenitisieren, Abschrecken, Tiefkühlen und mehrmaliges Anlassen. Anfänglich sind die Behandlungen in einem Ofen mit Schutzgasatmosphäre durchgeführt worden.

Leider mußten aufgrund der doch recht unerwarteten Ergebnisse der ersten WB'en im Anschluß erneut WB'en der Proben der Legierungen 1.4031, 1.4110, 1.4112, 1.4116, CPM T 440V durchgeführt werden.

Die Verfahrensbedingungen der Wärmebehandlung sahen wie folgt aus: In einem normalen Kammerofen mit Luft als Atmosphäre wurden die Versuchsproben austenitisiert. Zum Schutz gegen Entkohlung diente für den Temperaturbereich über 1000° C Härtefolie (Knu-FoilTM). Die Temperaturkontrolle übernahm ein digitales Sekundenthermometer (GTH-1150) mit einer NI-CR-NI-Messsonde im Schutzmantel. Diese wurde direkt auf das Werkstück im Ofen aufgelegt und somit die eigentliche Probertemperatur gemessen. Mit dem Schließen der Ofentüre und dem Auflegen der Messsonde wurde die Zeitmessung für das Anfahren auf Austenitisierungstemperatur (A-temp.) gestartet. Nach dem Erreichen und Stabilisieren (1 Heizzyklus) der Proben bei A-temp., startete die A-temp-Zeitmessung. Das Abschrecken geschah unmittelbar im Anschluß daran im Ölbad. Der anschließende Arbeitsschritt stellte eine Tiefkühlbehandlung in einer Spezialkühltruhe dar. In dieser befand sich ein Gefäß mit tiefgekühltem Spiritus, der eine schnelle Temperaturübertragung auf die Proben gewährleistete. Danach wurden die Proben in einem Umluftofen mehrmals angelassen. Zur Temperaturkontrolle kam erneut das GTH-1150 mit einem NI-CR-NI-Messdraht ohne Schutzmantel zum Einsatz.

Bei den im Wasser zu härtenden Werkstoffen 1.1740, 1.2838 und 1.2562 wurde eine wiederholte WB in normaler Ofenatmosphäre unter Zuhilfenahme einer Schutzpackung aus Graugußspänen angewandt. Die Proben zeigten nach dem Herausnehmen aus dem Abschreckmedium keine Anzeichen von Randentkohlung.

3.2.2 Untereutektische und übereutektische Legierungen

Die Austenitisierungsbedingungen für diese Stahlqualitäten lagen im Bereich von ca. 815°C - 880°C. Vorwärmstufen wie bei den anderen Legierungen kamen nicht zum Einsatz, was bei der Qualität 1.2562 zum Verzug führte. Die Haltedauer lag je nach Stahl und Temperatur zwischen 5s - 300s. Abgeschreckt wurden die Proben der Qualitäten 1.1740, 1.2562 und 1.2838 im Wasserbad mit einer mittleren Temperatur von 22°C. Die übrigen Werkstoffe wurden im Ölbad mit ca. 25°C abgeschreckt. Um einen möglichst hohen Grad an Restaustenitumwandlung sicherzustellen, wurden alle Proben in einer Spezialkühltruhe, in einem Spiritusbad bei -82°C tiefgekühlt. Das Anlassen wurde im Umluftofen im Bereich von 100°C - 230°C gemacht. Die Haltedauer betrug zwischen 30 - 60 Minuten.

3.2.3 Ledeburitische Legierungen

- Wärmebehandlung von ATS-34

Mit der Qualität ATS-34 wurde eine größere Versuchsreihe erstellt.

Im Schutzgasofen wurden unterschiedliche WB'en durchgeführt.

Die Vorgehensweise stellt sich im einzelnen wie folgt dar. Nach einem für alle Proben gleichen Vorwärmen in zwei Stufen (1. 450 - 500°C bei 10 Minuten Haltezeit und 2. 850-900°C bei 10 Minuten Haltezeit) wurden die Proben austenitisiert. Drei verschiedene Temperaturen (1010°C, 1050°C und 1070°C) bei einer für alle Proben gleichbleibenden Haltezeit von 20 Minuten kamen dabei zur Anwendung.

Proben, für die eine Anlaßbehandlung im niedrigen Temperaturbereich vorgesehen war, wurden nach dem Abschrecken in Öl mit flüssigem Stickstoff bei -196°C

tiefgekühlt, um eine hohe Restaustenitumwandlung in feinen tetragonalen Martensit sicherzustellen. Die Anlaßtemperaturen lagen hier bei 180°C , 190°C und 200°C.

Die restlichen Proben wurden im Bereich des sekundären Härtemaximums der entsprechenden Austenitisierungstemperaturen angelassen, wodurch ebenfalls ein Zerfall des Restaustenites gewährleistet ist. Die Temperaturen hierbei waren 530°C, 550°C und 560°C.

3.2.4 Versuche zum Umwandlungsverhalten stark restaustenitbildender Legierungen

Im Zuge der durchgeführten WB'en wurden auch Versuche zum Umwandlungsverhalten von Restaustenit bei den rostbeständigen Qualitäten CPM T 440V, 1.4112 und ATS-34 vorgenommen.

Ziel dieser Versuche war es, herauszufinden, inwieweit es sinnvoll ist, eine teure und auch bezüglich der Reißgefahr gefährliche Tiefkühlbehandlung zur Umwandlung von Restaustenit durchzuführen. Leider fehlte es in diesem Zusammenhang an der Möglichkeit, den Restaustenitgehalt genau, z.B. mittels eines röntgenografischen Meßverfahrens, zu bestimmen.

Die Umwandlung wurde durch Härtemessungen (Rockwell C) nach den entsprechenden Behandlungsschritten festgestellt.

Die WB erfolgte mit Proben der Abmessung 30 mm × 10 mm × 2 mm unter den bereits beschriebenen Verfahrensparametern 3.2.1 in Schutzfolie.

3.3 Gefüge

Die gemachten Gefügebildungen sind im Anhang 7.1 aufgezeigt.

3.3.1 Lichtmikroskopie

Die lichtmikroskopischen Untersuchungen wurden mit einem Auflichtmikroskop mit der Vergrößerungsrasterung (50, 100, 200, 500, 1000-fach) durchgeführt. Die Probenaufbereitung entspricht der unter 3.1.4. beschriebenen Arbeitsweise.

Zur Anätzung des Gefüges wurden folgende Lösungen verwendet:

Nichtrostende Kaltarbeitsstähle: V2A-Beize/ Beraha 1

Normale Kaltarbeitsstähle: 3% alkoholische HNO_3 -Lösung

3.3.2 Härtemessung

Die Makrohärtemessung diente der Kontrolle der WB sowie zur Erstellung einiger Diagramme. Ermittelt wurde die Makrohärte nach Rockwell C.

Die angegebenen Härtewerte liegen als arithmetisches Mittel aus mindestens 3 Messungen vor.

Um Aufschluß über das Härteverhalten der feinen Schneidkante zu gewinnen, wurden Mikrohärtemessungen nach Vickers durchgeführt $\text{HV}_{0.01}$ (98 mN).

Danach wurde die ganze Einheit im Prüfgerät montiert. Das Mehrgewicht dieser Einheit gegenüber der in der normalen Härteprüfvorrichtung enthaltenen betrug 6,2 Gramm.

Die Proben wurden in einem kleinen Schraubstock senkrecht eingespannt und die Schneidenlinie parallel zur Auflagefläche ausgerichtet. So vorbereitet, wurde die Probe in die Prüfvorrichtung gebracht, zentriert und um 90° versetzt zum Prüfkörper einjustiert. Der Abstand der Probe zum Prüfkörper wurde mit 0,5 mm eingestellt.

Als Prüflast wurde aufgrund von Vorversuchen mit einer Rasierklinge $1 \text{ Kg} = 9.81 \text{ N}$ für die Prüfung im Makrobereich festgelegt. Die Prüfdauer betrug 10 Sekunden. Diese wurden nach dem vollständigen Aufbringen der Last eingehalten. Der Messbereich des Verfahrens ist durch die äußeren Verfahrensbedingungen auf den gesamten Arbeitsbereich von Handmessern ausgelegt und liegt etwa bei einem h-Wert (Schneidenrückgang) von 0 - 50 μm (Makrobereich) bei einem einseitigem asymmetrischen Keilwinkel von $\beta = 20^\circ$.

Formel 2

$$h = r - \sqrt{r^2 - s^2/4}$$

Mit einem in dem Prüfgerät enthaltenen Auflichtmessmikroskop wurden die Eindrücke mit einer Vergrößerung ($V=200$ -fach) ausgewertet. Vermessen wurde dann die Sehnenlänge s in [μm] des Kreissegmentabdruckes, welche dann mit der Formel 2 umgerechnet auf die Bogenhöhe h den Schneidenrückgang in [μm] angibt. Dieser Wert h wird als Maß für die Stabilität der Schneidkante angesehen. Zur anschaulicheren grafischen Darstellung wird der h-Wert reziprok ($1/h$) ausgedrückt. Das Intervall $h = [0 - 3\mu\text{m}]$ wird als Mikrobereich bezeichnet und $h = [0 - 50\mu\text{m}]$ als Makrobereich.

Es werden 10 Eindrücke je Probe in einem Abstand von 1 mm in Schneidenlängsrichtung gemacht.

Die Angabe des Meßwertes geschieht wie folgt:

- $SKS_{(10N/2)} = [1/\mu\text{m}]$;
- Schneidkantenstabilität (SKS),
- Prüflast = 9,81N [Newton], angegeben mit 10N !
- Prüfkörperdurchmesser $\varnothing = 2\text{mm}$,
- Einheit für $1/h = [1/\mu\text{m}]$.

In die Beurteilung der Stabilität der Schneidkanten flossen noch andere Beobachtungen mit ein. Der optische Zustand der Eindrücke sowie der Verfahrensablauf lassen sich gut als zusätzliche Kriterien zur Beurteilung der Schneidkantenstabilität verwenden. Umgelegte oder abgescherte Schneidkanten wie auch ein Knacken beim Aufbringen der Last sowie stark alternierende Versuchsreihen weisen ebenfalls auf Instabilitäten im Makrobereich hin.

Der Zeitaufwand für eine komplette Prüfung mit Auswertung liegt im Schnitt bei etwa 6-8 Minuten. Dieser könnte sicherlich durch die Automatisierung des Verfahrens noch wesentlich verkürzt werden.

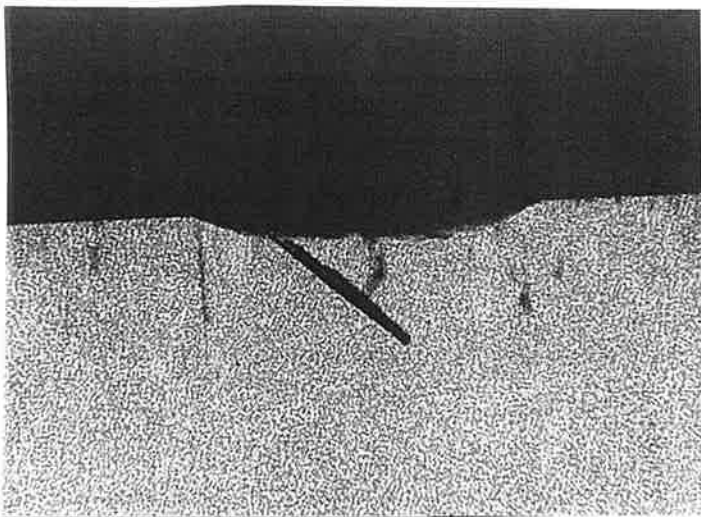


Bild 16 Abgescherte Schneidkante bei CPM T 440V $V = 100 \times 1,8$

4 Versuchsergebnisse und Diskussion

4.1 Wärmebehandlungen

Die Ergebnisse der Wärmebehandlungen (WB) sind im Anhang 7.3 Tabellen aufgeführt.

4.1.1 Untereutektische Stähle

- WB des Stahles 1.1740

Bei der Legierung 1.1740 (Bilder 34 - 35) trat nach der ersten WB extrem hohe Weichfleckigkeit auf. Eine ungenügende Austenitisierungsdauer ist in diesem Zusammenhang als Hauptgrund anzusehen. Bei einer weiteren WB mit etwas erhöhter A-temp und längerer Dauer konnten 65.5 HRC Ansprungshärte erzielt werden.

4.1.2 Übereutektische Legierungen

- WB der Stähle 1.4110 (Bilder 22 - 23), 1.4116 und 1.4031 (Bilder 26 - 27)

Diese Qualitäten wurden alle mit der gleichen WB versehen. Auch hier erreichten die Proben nicht die gewünschten Härten. Vor allem die Qualität 1.4116 lag mit 50 - 51 HRC ganze 8 HRC unter den Erwartung.

Eine zweite WB derselben Proben unter geänderten Bedingungen erbrachte schließlich höhere Härtewerte.

Interessanterweise konnten bei diesen Stählen im Bereich der dünnen Schneidenspitze Überzeitungserscheinungen in Form einer dünnen grobkörnigen Schicht festgestellt werden. Weiter konnte man auch den starken Lösungszustand anhand der nur noch wenig vorhandenen übereutektoiden Karbide erkennen.

Bei der mechanischen Bearbeitung der Proben im Hartzustand war schon aufgefallen, daß sich immer wieder Ausbrüche im Bereich der Feinstschneide zeigten. Auch die phänomenologischen Vortests 2.2.1 nach der letzten Anlasstufe bei 150°C zeigten ein

sprödes Verhalten durch Ausbrüche. Die Folge hiervon war, daß 1.4031 und 1.4110 leicht erhöht angelassen wurden.

In einem weiteren Bearbeitungsschritt wurde diese Schicht bei allen Proben weggeschliffen und die Schneidkante neu erstellt. Bei der lichtmikroskopischen Nachuntersuchung lagen die Schneidkanten nun im feinkörnigeren Bereich des Martensitgefüges.

- WB des Stahles 1.2562 (Bild 42)

Diese Legierung zeigte hohe Härte und aber auch teils starken Verzug sowie Weichfleckigkeit nach der ersten WB. Die Austenitisierungsdauer war unter den gewählten Bedingungen zu kurz gewählt worden. Bei der zweiten WB wurde die Haltezeit von 20 Sekunden auf 5 Minuten erhöht. Das Ergebnis war eine volle Härteannahme mit bis zu 66 HRC ohne Weichfleckigkeit. Dem Abschrecken in Wasser des dünnen Querschnittes ist sehr wahrscheinlich der aufgetretene Verzug anzurechnen.

- WB des Stahles 1.2838 (Bild 41)

Zeigte wie erwartet hohe Anlassbeständigkeit. Eine ausreichend hohe Stabilität konnte trotz mehrmaligem Anlassen noch nicht erreicht werden. Trotzdem waren die Stabilitätswerte noch hoch im Vergleich zu den ledeburitischen Legierungen.

- WB des Stahles 1.2067 (Bilder 44 - 45)

Die Auflösung der Karbide war unvollständig, Zeilen waren immer noch sichtbar (Bild). Trotzdem dürfte aufgrund der hohen Härteannahme ein ausreichender Lösungszustand erreicht worden sein.

- WB des Stahles 1.2842 (Bilder 9b/ 30 - 31)

Zeigte hohe Härteannahme bei kurzer Austenitisierungsdauer. Eine etwas ausgedehntere Haltedauer auf ca. 60 Sekunden kann aber auch empfohlen werden.

- WB der Qualität LD (Bilder 39 - 40)

Die Qualität LD zeigte schon bei der geringen Haltezeit sehr gute Härteannahme. Im Gefüge konnten aber stellenweise noch Felder mit Korngrenzenzementit festgestellt

werden. Ein Diffusionsglühvorgang mit einer anschließenden Weichglühung sollte hierbei eine Verbesserung des Gefüges bringen.

4.1.3 Ledeburitische Legierungen

- Wärmebehandlung von ATS-34 (Bilder 8/ 9b/ 17 - 19)

Die Härtewerte liegen im allgemeinen leicht hinter den Erwartungen zurück. Dies hängt wohl damit zusammen, daß dem vorliegenden Anlaßschaubild im Werkstoffdatenblatt eine längere Austenitisierungsdauer zugrunde liegt.

- WB des Stahles 1.4112 (Bilder 24 - 25)

Wie bei einigen anderen Stählen ist auch bei dieser Qualität aufgrund der zu geringen Härtewerte eine zweite WB durchgeführt worden. Der Stahl 1.4112 ist im Laufe der ersten WB mit um 2 HRC zu geringen Härte festgestellt worden. Nach der zweiten WB zeigten sich unerwartet hohe Werte. Erstaunlich erweist sich die Tatsache, daß die erstellten Schneidkanten nach dieser WB mit bis zu 62,2 HRC im Makrobereich als nicht zu spröde erscheinen. Sie erwiesen sich sogar als plastisch verformbar (phänomenologisches Verfahren!). Nach Abschluß der vorangegangenen Untersuchungen wurde diese Probe nocheinmal metallografisch untersucht. Dabei wurde ein erhöhter Restaustenitanteil in den Randschichten, also auch in der Schneide festgestellt. Dieser ist sehr wahrscheinlich maßgeblich dafür verantwortlich, daß sich die Schneide so verhalten hat.

- WB des Stahles CPM T 440V (Bilder 9b/ 16/ 32 - 33)

Auch bei dieser Qualität wurden zu geringe Härtegrade nach der ersten WB festgestellt. Die erneute WB erbrachte um bis zu 5 HRC mehr Härte, als die vorhergehende WB, lag aber mit einer Anlaßtemperatur von 150°C immer noch etwas unter den im Werkstoffdatenblatt angegebenen Werten. Interessanterweise sind bei den selben Wärmebehandlungsbedingungen im Rahmen der RA-Versuche wesentlich höhere Werte erzielt worden 4.1.4.

- WB des Stahles RWL-34 (Bild 43)

Obwohl die gleiche WB wie bei ATS-34 Proben Nr.6 durchgeführt wurde, zeigte der Stahl eine etwas geringere Härte, die aber durchaus im Toleranzbereich liegt. Eine längere Austenitisierungsdauer würde sich hier mit Sicherheit auch positiv bemerkbar machen.

- WB des Stahles 1.2379 (Bilder 20 - 21)

Gute Härteannahme lag im erwarteten Bereich.

- WB des Stahles Elmax (Bilder 28 - 29)

Gute Härteannahme. Der hohe Anteil ungelöster Karbide brachte Schwierigkeiten bei der Probenpräparation mit sich. Immer wieder brachen trotz großer Sorgfalt feine Scharten aus der Probe.

- WB des Stahles PMD (Bilder 36 - 38)

Die Härteannahme war gut. Untersuchungen über den Härteverlauf mit (HV₀₁) ergaben, daß die Übergangszone zwischen den beiden Materialien die höchsten Härtewerte erbrachten (Bild 38).

4.1.4 Umwandlungsverhalten restaustenitbildender Legierungen

Das Ergebniss dieser Versuche (Diagramm 2a-e Anhang 7.3 Grafiken) zeigte ein durchaus vorteiliges Verhalten der Restaustenitumwandlung der Versuchsproben bei einer dem Abschrecken sofort angeschlossenen Tiefkühlbehandlung. Gegenüber den nur durch mehrmaliges Anlassen behandelten Teile wurden mit Ausnahme der Probe CPM T 440V durchwegs höhere Härtewerte und somit eine vollständigere Umwandlung erzielt. Der Einfluß der Haltedauer auf die Maximalhärte läßt sich ebenfalls erkennen. Vor allem bei der Qualität 1.4112 dürfte der Maximalwert bei der 20 minütigen Haltezeit auf 1060°C erreicht sein.

Einschränkend ist zu den Versuchen zu sagen, daß die Anzahl der Versuchsproben zu gering ist, um endgültige generelle Aussagen zu treffen.

Eine Tiefkühlbehandlung muß für alle Qualitäten im Sinne der Fehlerquellenminimierung im Feinstbereich unbedingt vorgeschlagen werden. Einschränkungen sind hierbei nur aufgrund der drohenden Rissgefahr bei größeren Querschnitten oder empfindlichen Legierungen zu machen.

Eine Umwandlung von Restaustenit durch eine einem Schnellstahl entsprechenden Anlaßbehandlung im Bereich um 550°C kann aus Leistungs- und Korrosionsgründen nicht empfohlen werden (42).

4.2 Gefüge

Die gemachten Gefügebildungen stehen im Anhang 7.1 Bilder dieser Arbeit zur Verfügung.

4.3 Makrostabilität

Die Ergebnisse der Makrostabilitätsversuche sind in der Tabelle 2 im Anhang 7.3 Tabellen sowie dem Diagramm 1 Anhang 7.3 Grafiken zu entnehmen. Wie daraus zu ersehen ist, sind die niedriger legierten Kaltarbeitsstähle tendenziell die Werkstoffe mit den höheren h-Werten, d.h. mit der größeren Stabilität. Mit Ausnahme der Probe Nr.8 der Qualität ATS-34 erreichten alle anderen Werkstoff-WB-Kombinationen der sehr verschleißfesten Qualitäten deutlich niedrigere h-Werte. Besonders schlecht schnitten die „klassischen“ rostfreien Messerstähle 1.4112 (Bilder 24 - 25), 1.4110 (Bilder 22 - 23), 1.4116 ab. Der Grund hierfür ist aller Wahrscheinlichkeit nach neben der Legierungszusammensetzung und der Erzeugungsqualität auch in der Wahl der WB zu suchen.

Die anfänglich geplante Versuchsreihe mit ATS-34 (Bilder 17 - 19) wurde aufgrund der schwachen WB-Ergebnisse und aus Zeitgründen nicht mehr vollständig durchgeführt. Es wurden Versuche an Proben der gleichen Härte Nr. 5 und Nr. 16 sowie Nr.7 und Nr. 8 durchgeführt. Dabei konnte festgestellt werden, daß Proben, die einer Sekundärhärte-behandlung unterzogen wurden (Probe Nr. 16), etwas geringere Stabilitätswerte aufzeigten. Ein ausführlicher Vergleich von niedrig und hoch Anlassen steht bei diesen Legierungen aber noch aus. In der Untersuchung (42) wurden mit anderen Legierungen diese Versuche gemacht, wobei die höhere Anlaßbehandlung aufgrund von geminderter SF und SH sowie geringerer Korrosionsbeständigkeit nicht empfohlen wird.

Die Qualität ATS-34 zeigte eine Ausbreitung der Stabilität über den gesamten Ergebnisbereich. Interessant ist, daß Probe Nr. 7 bei annähernd gleicher Härte deutlich geringere Stabilitätswerte aufweist. Dafür werden folgende Ursachen vermutet:

Probe Nr. 8 hat vermutlich infolge der um 10°C höheren Anlaßtemperatur eine vollständigere Restaustenitumwandlung, welche sich nicht in der meßbaren Härte niederschlägt. Weiterhin muß auf die Werkstoffstruktur geachtet werden. ATS-34 ist eine stark ledeburititische Legierung mit ausgeprägter Zeiligkeit (Bilder 17 - 19) Bei der Prüfung unter dem Mikroskop zeigten sich in der Schneidkante kaum ungelöste

Karbide noch grobe Karbideinschlüsse. Die ausgeprägten Zeilen verliefen einige μm unterhalb der Schneidkante. Damit sind nur sehr wenig Ansatzpunkte für Instabilitäten vorhanden.

Im Vergleich zu der annähernd gleichen Legierung RWL-34 (PM-Herstellung) (Bild 43), die eigentlich die besseren h-Werte erzielen sollte, wäre noch anzumerken. Trotz der besseren Herstellungsqualität von RWL-34 wurden aufgrund der unzureichenden WB und auch infolge der mäßigeren Reinheit der Legierung (Silizium) nur geringere Stabilitätswerte erreicht.

Die Qualität 1.1740 erreichte die höchste Stabilität im Vergleich zu allen anderen Legierungen bei einer Härte von 64,5 HRC (Bilder 34 - 35). Dies ist aufgrund der fehlenden Hartphase leicht einzusehen. Auch der verbleibende Restanteil an Ferrit im Gefüge dient eher dem Abschwächen der Sprödbruchgefahr. Wichtig ist hier, daß die Tendenz niedrig legierter Werkstoffe zu höher Stabilität sichtbar wird.

Bei den Qualitäten 1.2562 (Bild 42) und LD (Bilder 39 - 40) wurden nach Erstversuchen, bei denen die erstellten Proben zunächst versagten, Optimierungen in der Anlaßbehandlung durchgeführt. Diese erbrachten letztendlich bei beiden Legierungen zum Teil stark erhöhte Stabilitätswerte.

Ähnlich verliefen die Versuche mit 1.2067 und 1.2838. Interessant war hierbei, daß 1.2838 (Bild 41) bis zum Abbruch der Versuche keine ausreichende Stabilität zeigte. Obwohl die h-Werte an sich relativ hoch waren, scherten die Schneidkanten selbst bei einer Anlaßtemperatur von 230°C immer wieder ab. Daraufhin wurden die Versuche aus Zeitgründen eingestellt. Eine erneute WB mit anderen Behandlungsbedingungen sollte hier mit großer Wahrscheinlichkeit Abhilfe schaffen können.

1.2067 (Bild 44) zeigte bei der mikroskopischen Betrachtung mit $V=90X - 180X$ (Bild 45) ausgeprägte Zeilen ungelöster Karbide. Auch nach einer Mehrfachhärtung von Proben der gleichen Charge mit erhöhter Autenitierungstemperatur und vorangegangenem zweifachem Normalisieren waren kaum Verbesserungen zu erkennen. Das Resultat dieser starken Inhomogenitäten war eine verminderte Stabilität.

Die Legierung läßt aber durchaus höhere h-Werte vermuten. Es ist anzunehmen, daß die Qualität 1.3505 (Bilder 46 - 47), die zur Kugellagerherstellung benutzt wird, aufgrund ihrer feineren Erzeugungsqualität und größeren Reinheit deutliche Unterschiede hierzu zeigt.

Wichtig für alle gemachten Versuche ist folgendes:

Aufgrund der doch relativ geringen Probenzahlen wird nicht davon ausgegangen, daß die wiedergegebenen Ergebnisse bereits endgültige Werte widerspiegeln. Das mögliche Potential ist sehr deutlich an den verschiedenen WB-Zuständen von ATS 34 zu erkennen. Mit den durchgeführten WB'en wurde nur ein geringer Teil der möglichen Kombinationen durchgetestet. Es ist im Rahmen dieser Arbeit nicht machbar alle WB-Konfigurationen aller in Frage kommenden Legierungen in Versuchen zu erfassen. Bei weiteren Versuchen können daher durchaus nennenswerte Veränderungen in den erreichten Absolutwerten die Folge sein. Es ist noch nicht geklärt, inwieweit noch Schwankungen der Ergebnisse durch die Versuchseinrichtung selbst verursacht werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Unterschiede innerhalb verschiedener Werkstoffe und deren WB konnten sichtbar gemacht und Optimierungsversuche durchgeführt werden.

- Das angewandte Druckschnittverfahren eignet sich zur Feststellung von Instabilitäten im Makrobereich und läßt somit eine Optimierung des Werkzeugsystems Messer zu (siehe auch 6).

Eine Einteilung in druck- und zugschnittgeeignet ist trotz der noch nicht durchgeführten Mikrostabilitätsversuche aus der Modelltheorie heraus in groben Zügen möglich (Diagramm 1). Werkstoffe mit hohem Hartphasenanteil und geringerem Anteil an gelöstem Kohlenstoff in der Matrix zeigen tendenziell die geringeren Stabilitäten. Hingegen weisen solche, die niedriger legiert sind und hohe C-Gehalte haben, höhere Stabilitäten auf.

Daraus leitet sich ab:

- Die höhere Neigung zum Ausbruch im Makrobereich der hochlegierten und verschleißfesten Werkstoffqualitäten begünstigt die Zugschnittfähigkeit.
- Die geringere Neigung zum Ausbruch im Makrobereich bei den niedriger legierten Werkstoffen begünstigt die Druckschnittfähigkeit.
- Möglichkeiten für Auswahl und Entwicklung eines Werkstoffes sowie dessen WB für einen speziellen Anwendungsfall beim Messerschnitt sind gegeben.
- Eine gesonderte Betrachtung der Mikrostabilität sollte zur vollständigen Beurteilung der Güte eines Messers bzw. der Eignung eines Werkstoffes noch zusätzlich gemacht werden.
- Wärmebehandlung von handgeführten Messern sollten auf den Kaltarbeitsbereich ausgelegt werden, um bessere Schneideigenschaften zu erlangen.

- Zur vollständigen Restaustenitumwandlung im Sinne der Fehlerquellenminimierung und erhöhter Korrosionsbeständigkeit wird eine Tiefkühlbehandlung nach dem Härten empfohlen.

Die Anzahl der durchgeführten Versuche ist noch zu gering um endgültige Aussagen über die Absolutheit der Ergebnisse zu machen. Um vollständige Optimierungen durchzuführen, sollten umfangreiche Versuchsreihen angestellt werden.

- Weiterhin könnte ein industrieller Anwender durchaus eine schnelle Qualitätskontrolle mit dem Druckschnitterfahren bei der Serienfertigung von Schneidwaren durchführen.

Einige Gedanken im Ausblick

Der Fortschritt in der der Stahltechnologie wie PM-, DESU- Erzeugung, Impf-techniken, Mikrolegieren usw. lassen den Schluß zu, daß noch eine Vielfalt von Möglichkeiten auf dem Gebiet der Schneidtechnologie zu erwarten sind. Spezielle Behandlungsverfahren, wie termomechanische Behandlungen und ausgereifte Wärmebehandlungen oder Beschichtungstechniken tragen ohne Zweifel in sehr gewichtigem Maße dazu bei. Während sich innerhalb technischer Prozesse durchaus andere Schneidenwerkstoffe wie Diamant, Keramik oder Hartmetall durchgesetzt haben, bleibt der Stahl als Klingenwerkstoff für Handmesser weiterhin uneingeschränkt führend.

Lösungen bei rein technischen Applikationen sind meist eindeutig. Wohingegen Bereiche, die als Verfahrensparameter immer noch den „Faktor Mensch“ beinhalten, oftmals durch sehr subjektive Gesichtspunkte beeinflusst sind. Für eine wesentliche Leistungssteigerung auf dem Gebiet der handgeführten Scheidwerkzeuge ist daher nicht ausschließlich nur eine technische Lösung möglich. Es könnte auch auf die subjektiven Verhaltensweisen der Anwender eingegangen werden. Ein durch Lernerfahrungen bewußt geschultes, respektvolles Verhalten gegenüber dem Werkzeug würde einige technisch unsinnige Lösungen, z.B. Keramische Messerklingen (Bild 53), überflüssig machen und ein langanhaltendes Werkzeugleben garantieren.

Es ist im Sinne des Verfassers, daß es in Zukunft weiterführende Arbeiten unter dem gleichen Denkansatz gibt.

„Jeder entscheidet für sich, ob das Universum freundlich oder unfreundlich ist. Wenn wir entscheiden, daß es unfreundlich ist, benutzen wir unsere Kräfte, unser Wissen und unsere Kontrolle, um Werkzeuge zu entwickeln, mit deren Hilfe das Unfreundliche bekämpft werden kann. Wenn wir entscheiden, daß das Universum weder freundlich noch unfreundlich ist, fühlen wir uns leicht als Opfer und sind machtlos. Wenn wir entscheiden, daß das Universum freundlich ist, benutzen wir unser Wissen unsere Fähigkeiten und unsere Macht, um Technologien und Gedanken zu entwickeln, die das Universum in all seiner wunderbaren Einzigartigkeit, Liebe, Schönheit und Freude noch besser werden lassen.“

Albert Einstein auf die Frage: „...was das Wesen der Menschlichkeit ausmache?“

Erklärung

Hiermit erkläre ich , daß ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfaßt, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen benützt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Ort, Datum

Unterschrift