

Zweistufiges Scherschneiden reduziert die Kantenrissempfindlichkeit

Die Kantenrissempfindlichkeit moderner Stahlwerkstoffe stellt die Kaltumformung komplexer Bauteile vor große Herausforderungen. Durch einen innovativen Scherschneidprozess gehören Kantenrisse und Oberflächeneinbußen an umgeformten Schnittkanten ab jetzt der Vergangenheit an. Beim Kragenziehen von Grobblechen konnte in Untersuchungsreihen das Aufweitverhältnis um bis zu 100 Prozent gesteigert werden. Grund genug, das Verfahren im Volkswagen Komponenten-Werkzeugbau in der Serienproduktion einzusetzen.

Dipl.-Wirt.-Ing. Thorsten Gläser, Volkswagen AG, Komponenten-Werkzeugbau, Braunschweig
Dr.-Ing. Christina Sunderkötter, Volkswagen AG, Konzernforschung, Wolfsburg
Dr.-Ing. Manfred Hoffmann, Volkswagen AG, Komponenten-Werkzeugbau, Braunschweig
Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk, Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg), TU München
Prof. i.R. Dr.-Ing. Hartmut Hoffmann, Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg), TU München
Dr.-Ing. Roland Golle, Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg), TU München

Die Automobilindustrie und infolgedessen auch der Fahrwerksbau befinden sich in einem Spannungsfeld zwischen der Forderung nach gewichtsreduzierten Bauteilen zur Minimierung des durchschnittlichen CO₂-Flottenausstoßes und zugleich erhöhten Sicherheits- und Komfortansprüchen auf dem globalen Absatzmarkt [Buc07]. Durch den Einsatz höherfester Stähle lassen sich angesichts der überzeugenden Festigkeitseigenschaften der Werkstoffe Gewichtseinsparungen an Fahrwerkskomponenten umsetzen und die in den vergangenen Jahren entstandene Gewichtsspirale umdrehen.

Um in diesem Zusammenhang keine Kompromisse im Hinblick auf Steifigkeitseigenschaften der kaltumgeformten Bauteile eingehen zu müssen, reicht eine reine Substitution des Materials jedoch nicht aus, eine veränderte Geometrie ist zwingend notwendig. Die Folge sind komplexere Bauteile mit höheren Umformgraden, die den Fertigungsprozess in der Prozesskette Kaltumformung jedoch vor große Herausforderungen stellen. In der Serienfertigung von Grobblechen (Blechdicke ≥ 3 mm) und höherfesten Blechwerkstoffen hat sich gezeigt, dass eine erhöhte Kantenrissempfindlichkeit von diesen Materialien ausgeht, wenn zunächst durch einen Scherschneidvorgang das Blech getrennt und anschließend kalt umgeformt wird [DIN07].

Werden hohe Anforderungen an die Qualität der Schnittflächen gestellt, stößt das konventionelle Scherschneiden schnell an seine Grenzen. Aufgrund der charakteristischen Kenngrößen (vgl. Abb. 1) zeigt die Schnittfläche besonders im Hinblick auf Rechtwinkligkeit und Ebenheit nicht zufriedenstellende Ergebnisse, die durch das Nachschneiden optimiert werden können.

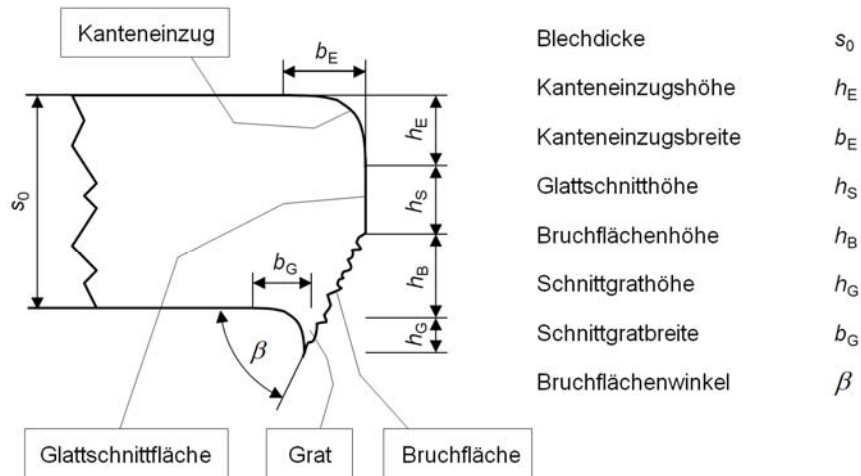


Abb. 1 Schnittflächenkenngrößen an schergeschnittenen Bauteilen [VDI94]

In der Literatur sind unterschiedliche Verfahren aufgeführt, die die Schnittkantenqualität verbessern und damit die Gefahr der Kantenrissempfindlichkeit senken sollen. Zu diesen Verfahren gehört das Schaben und das Nachschneiden, vgl. Abb. 2. Das Nachschneiden wird in der DIN 8508 unter den „speziellen Fertigungsverfahren aus dem Bereich Schneidverfahren“ aufgeführt. Es zählt somit zu der Hauptgruppe Trennen und der Gruppe Zerteilen. Definiert wird das Nachschneiden als das „Beschneiden schmaler Ränder von vorgearbeiteten Flächen zum Herstellen sauberer und maßhaltiger Außen- und Innenformen (...)“. In der VDI-Richtlinie 2906 wird das Verfahren konkretisiert mit dem Zusatz, dass glatte und möglichst einriss- und abrissfreie Schnittflächen mit verbessertem Traganteil erzeugt werden sollen.

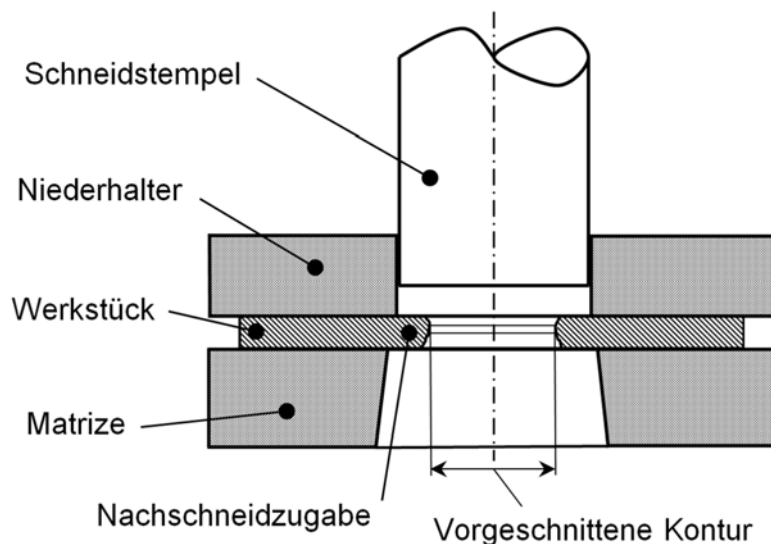


Abb. 2 Geometrische Kenngrößen beim Nachschneiden [Küh04]

Dazu wird zunächst die Kontur durch konventionelles Scherschneiden, reduziert um die Nachschneidzugabe, vorgeschnitten. Im zweiten Schritt folgt das Nachschneiden. Der dabei entstehende Streifen besitzt gegenüber dem konventionellen Scherschneiden eine geringere

Steifigkeit, so dass die Spannungen im Werkstoff positiv beeinflusst werden und bessere Schnittflächenqualitäten erzeugt werden können [Küh03].

Guidi hat durch das Nachschneiden Flächen ähnlich einer Feinbearbeitung generiert [Gui65]. Die Nachschneidzugabe wird nach Guidi vor allem durch die Blechdicke, dem Schneidspalt und der geometrische Form der Schnittlinie beeinflusst. Um optimale Ergebnisse zu erhalten, gibt Guidi für Grobbleche mit einer Blechstärke von 3,5 mm Nachschneidzugaben in einem Bereich zwischen 0,13 - 0,35 mm je nach Formänderungsvermögen des Werkstoffes an. Als Folge der sehr geringen Nachschneidzugaben kommt es nicht zu einem Scherschneidvorgang, sondern zu einer spanenden Bearbeitung. Die Schneidplatte schält die Zugabe vom Werkstück ab [Gui65; Wec74].

Kühlewein hat mit modernen Werkstoffen weitere Untersuchungen zum Nachschneiden durchgeführt. Sein Analyseschwerpunkt lag auf der erzielbaren Schnittflächenqualität in Abhängigkeit u.a. zur Nachschneidzugabe, des Schneidspalts sowie des Blechwerkstoffes [Küh03]. Es sollten - wie bei Guidi - Funktionsflächen mit einem hohen Glattschnittanteil und hoher Oberflächenqualität hergestellt werden. Bei verschiedenen Stahl- und Aluminiumblechen (u.a. CP800) unterschiedlicher Blechdicken konnten Glattschnittanteile von bis 88 % der Blechdicke erreicht und die geforderten rechtwinkligen Flächen erzeugt werden. Festgestellt hat Kühlewein in diesem Zusammenhang, dass Nachschneidzugaben unterhalb eines werkstoffabhängigen Wertes in einem Bereich zwischen 12 bis 18,75 % der Blechdicke realisiert werden müssen. Bei 3,5 mm Grobblechen würde dies eine Zugabe von 0,4 mm erfordern. Wird die Zugabe zu groß gewählt, erhöhen sich die Zugspannungen in der Schereinflusszone und die Bruchphase wird früher eingeleitet. Ähnlich verhält es sich auch mit dem idealen Schneidspalt. Bei einem zu groß gewählten Schneidspalt steigt der Bruchflächenanteil der Schnittfläche [Küh03].

Motivation

In der Literatur und den Normen liegt der Fokus beim Nachschneiden auf der Erhöhung des Glattschnittanteils. Untersuchungen des Volkswagen Komponenten-Werkzeugbaus in Braunschweig und der Konzernforschung in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) der Technischen Universität München verfolgen einen alternativen Ansatz: Durch Nachschneiden sollen keine Funktionsflächen realisiert, sondern die Kantenrissempfindlichkeit moderner, höchstfester Stähle reduziert werden.

Durch einen Trennprozess wird das Gefüge des Materials in der Schereinflusszone als Folge von lokalen Umformungen erheblich geschädigt [Lan90; Doe10]. Das (Rest-)Umformvermögen des Bleches reduziert sich. Eine erhöhte Rissgefahr während nachgelagerter Umformvorgänge ausgehend von schergeschnittenen Kanten ist in der Praxis und Literatur als sogenannte Kantenrissempfindlichkeit bekannt [Hel09].

Die deformierte Schereinflusszone erstreckt sich je nach Material und Schneidparameter bis einige Zehntel-Millimeter in das Grundmaterial hinein. Um diese unerwünschten Veränderungen mindern zu können, wurde das Nachschneiden an die veränderten Anforderungen angepasst. Die Nachschneidzugabe wurde erhöht, der Schneidspalt beim Vorschneiden und beim Nachschneiden neu eingestellt. Untersuchungen zeigen, dass sich die charakteristischen Schnittflächenkenngrößen im Vergleich zum Normalschneiden verändern. Der Anteil der Glattschnittfläche nimmt ab und der Bruchflächenanteil zu. Jedoch werden durch die veränderten Prozessparameter die eingebrachten Schädigungen reduziert und demzufolge das (Rest-)Umformvermögen erhöht. In Grundlagenuntersuchungen konnte so das Aufweitverhältnis beim Kragenziehen um bis zu 100 % gesteigert werden. Definiert ist das Kragenziehen als „Zugdruckumformen mit Stempel und Ziehring zum Aufstellen von geschlossenen Rändern (Borden, Kragen) an ausgeschnittenen Öffnungen“ [DIN04]. Spur [Spu85] unterscheidet an ebenen Blechen zwischen verschiedenen Verfahrensmöglichkeiten. In den Untersuchungen kam das Kragenziehen mit einem Vorloch zur Anwendung. Grundsätzlich wird das Blech nach einem Lochvorgang durch einen Formstempel

UTF Science I/2013	T. Gläsner et al.: Zweistufiges Scherschneiden reduziert die ...	S. 3/6
www.utfscience.de	Meisenbach Verlag GmbH, Franz-Ludwig-Straße 7A, 96049 Bamberg	

aufgestellt. Wichtige Kenngrößen des Kragenziehens sind vor allem die Kragenhöhe h und das Aufweitverhältnis $V_A = d_{St} / d_0$, dabei ist d_{St} der Durchmesser des Stempels und d_0 der Vorlochdurchmesser. Besonders positiv wirken sich auf eine Steigerung des Aufweitverhältnisses eine annähernd unverfestigte und glatte Randfläche des Vorloches aus [Spu85]. Die Untersuchungen zum zweistufigen Scherschneiden wurden mit verschiedenen Werkstoffen und Blechdicken durchgeführt. Aufgrund der guten Ansätze wurde das Verfahren in die Serie transferiert.

Mit einem mehrstufigen Großserienwerkzeug werden im Volkswagen-Werk Braunschweig Querlenker für Vorderachsen zahlreicher Konzernmodelle wie VW Golf, Audi A3 oder Seat Leon hergestellt. Als Material kommt ein mikrolegierter Stahl mit einem extrem feinen und versetzungsreichen ferritischen Gefüge zum Einsatz und wird in einer Presse mit 36.000 kN (3.600 t) Schließkraft verarbeitet. Die mechanischen Kennwerte des Materials sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1 Mechanische Kennwerte des Stahlwerkstoffes S650MC [Thy06]

Mindeststreckgrenze R_{eH} in MPa	650
Zugfestigkeit R_m in MPa	700 - 880
Mindestbruchdehnung A in %	12
Kerbschlagarbeit KW in J bei einer Prüftemperatur von -20°C	40
Durchmesser D beim Faltversuch (t =Probendicke)	2,0 x t

Die hohen internen Qualitätsanforderungen bei Volkswagen, die jegliche Schädigungen umgeformter Materialkanten ausschließen und das hohe Produktionsvolumen von rund 2.000.000 Stück p.a. erfordern angepasste und qualitativ hochwertige Schneid- und Umformverfahren.

Transfer in die Serie

Durch die lokale Integration des innovativen zweistufigen Scherschneidprozesses in das Querlenker Stufen-Folgewerkzeug lässt sich die Kantenrissempfindlichkeit besonders beanspruchter Bereiche minimieren und in Einklang mit den Qualitätsanforderungen bringen. Im ersten Schritt des Verfahrens wird ein 2D-Konturbeschnitt durch konventionelles Scherschneiden hergestellt. Zu berücksichtigen ist bei der Auslegung des Vorschneidens, dass in diesem Schritt die gewünschte Endkontur nicht sofort maßhaltig, sondern umlaufend mit einer gleichmäßigen Nachschneidzugabe (Aufmaß) hergestellt wird. Durch eine konstruktive Anpassung der Schneidmatrizen kann das Vorschneiden in den Platinenbeschnitt des Serienwerkzeuges eingepasst werden. Die geforderte Endkontur wird im zweiten Schritt durch das Nachschneiden hergestellt. Hierbei folgt auf den Konturbeschnitt aus der ersten Stufe eine zweite Schneidoperation - die Nachschneidzugabe (Aufmaß) wird entfernt, vgl. Abb. 3.

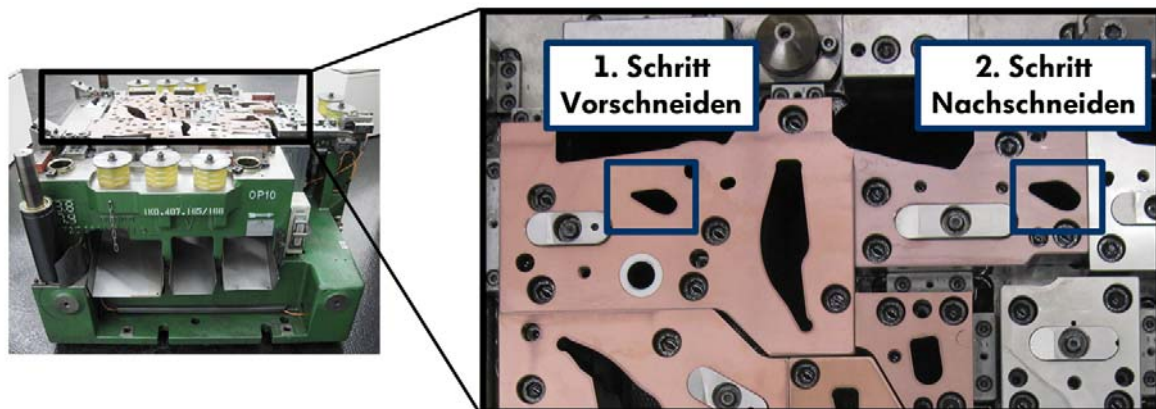


Abb. 3 Platinenbeschnitt nach der Umrüstung auf das zweistufige Scherschneiden

Da es sich hierbei lediglich um eine schmale Werkstoffzugabe handelt, führt diese zweite Schneidoperation zu einem veränderten Spannungszustand in der Schereinflusszone.

Trotz hoher Umformgrade zeigt der Blechwerkstoff nach dem mehrstufigen Bearbeitungsprozess nicht das charakteristische Versagensbild der Kantenrissempfindlichkeit, vgl. Abb. 4. Vielmehr ist in dem besonders stark beanspruchten Bereich des Querlenkers eine rissfreie Schnittfläche zu erkennen. Deutlich zu sehen ist zudem, dass die Schnittfläche neben dem Einzug einen geringen Glattschnittanteil aufweist. Die Bruchfläche ist wesentlich stärker ausgeprägt, zeigt aber eine sehr homogene Bruchfläche. Für sicherheitsrelevante Bauteile eine notwendige Eigenschaft, um in internen Freigabeprozessen hohen Dauerbelastungen standhalten zu können.

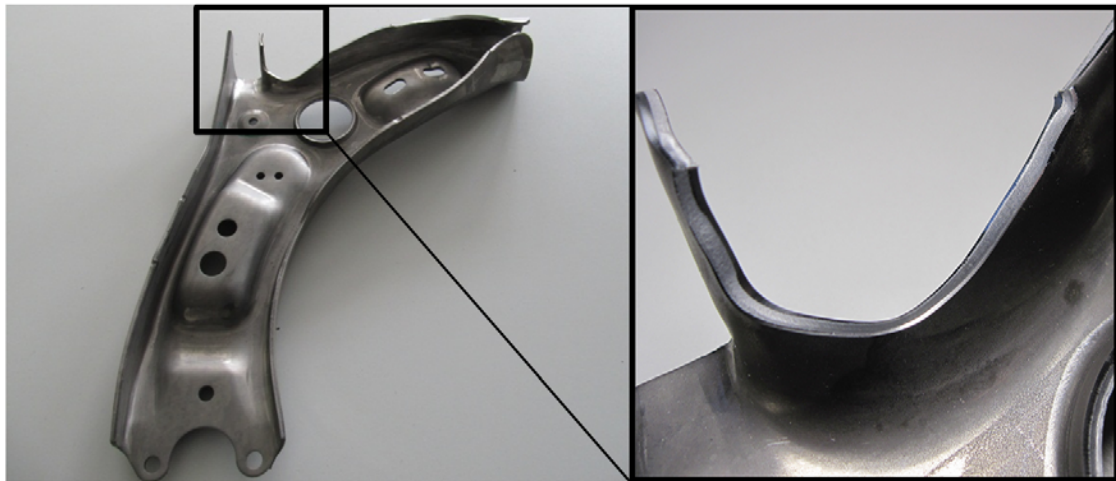


Abb. 4 Querlenker für die Golf-Plattform

Zusammenfassung

Durch den zweistufigen Scherschneidprozess wird die Kantenrissempfindlichkeit höherfester Stahlsorten positiv beeinflusst. Die leichte Integrierbarkeit des Ansatzes zeigt seine hohe Praktikabilität und erlaubt demnach eine Umrüstung aktueller Serienwerkzeuge. Für die Entwicklung neuer Bauteile, Fahrwerkskomponenten auf Basis des modularen Querbaukastens (MQB), bedeutet der Fertigungsprozess, dass entweder die Qualität schergeschnittener Kanten hinsichtlich Schädigungen der Oberfläche maßgeblich gesteigert oder eine komplexere Geometrie mit höherfesten Stahlsorten gefertigt werden können. Ohne auf Sicherheits- und Komfortansprüche verzichten zu müssen, kann der Leichtbaugedanke weiter voran getragen werden.

Literaturverzeichnis

- [Buc07] Buchmayr, B.: Innovative Beiträge der Umformtechnik zum Leichtbau von Kraftfahrzeugen. In: BHM, 2007, 12. Jg., Heft 5, S. 136 – 141
- [DIN03] Norm DIN 8508: Fertigungsverfahren: Begriffe, Einleitung. Deutsches Institut Für Normung, Berlin, 2003
- [DIN04] Norm DIN 8584-5: Fertigungsverfahren Zugdruckumformen: Einordnung, Unterteilung, Begriffe. Deutsches Institut für Normung, Berlin, 2004
- [DIN07] Norm DIN EN 10079: Begriffsbestimmungen für Stahlerzeugnisse. Deutsches Institut für Normung, Berlin, 2007
- [Doe10] Doege, E.; Behrens, B.-A.: Handbuch Umformtechnik - Grundlagen, Technologien, Maschinen. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2010, 2. Auflage

UTF Science I/2013	T. Gläser et al.: Zweistufiges Scherschneiden reduziert die ...	S. 5/6
www.utfscience.de	Meisenbach Verlag GmbH, Franz-Ludwig-Straße 7A, 96049 Bamberg	

- [Drö10] Dröder, K.; Goede, M.: Leichtbaustrategien für zukünftige Fahrzeuggenerationen. Wolfsburg, 2010
- [Gui65] Guidi, A.: Nachschneiden und Feinschneiden. München: Carl Hanser Verlag, 1965, S. 24-47
- [Hel09] Held, C.; Schleich, R.; u.a.: Untersuchungen zum Einfluss der Verfestigung von schergeschnittenen Kanten auf folgende Umformprozesse. UTFscience, 2009, www.utfscience.de
- [Küh03] Kühlewein, R.: Einfluss der Prozessparameter auf das Nachschneiden schergeschnittener Konturen. Dissertation, Technische Universität München, 2003
- [Küh04] Kühlewein, R.; Wiemer, H.: Funktionsflächen durch Nachschneiden, Blech Rohre Profile, 51.Jhrg., H.3, München/Dresden, 2004, S. 30 – 31
- [Lan90] Lange, K. (Hrsg.): Umformtechnik - Handbuch für Industrie und Wissenschaft. Band 3: Blechbearbeitung. Berlin Heidelberg New York Tokio: Springer Verlag, 1990, 3. Auflage., S. 523 ff.
- [Spu85] Spur, G. (Hrsg.): Handbuch der Fertigungstechnik. Band 2/3: Umformen, Zerteilen. München/Wien: Carl Hanser Verlag, 1985, S. 1264 - 1265
- [Thy06] ThyssenKrupp Steel: Werkstoffblatt 620. Duisburg, 2006
- [Tim57] Timmerbeil, F.-W.: Untersuchung des Schneidvorganges bei Blech, insbesondere beim geschlossenen Schnitt. Dissertation, Technische Hochschule Hannover, 1957
- [VDI94] VDI-Richtlinie 2906: Schnittflächenqualität beim Schneiden, Beschneiden und Lochen von Werkstücken aus Metall. Berlin, 1994, S. 3
- [Wec75] Weckener, H.; Hoepken, H.: Werkzeugstähle für Schnittwerkzeuge unter Berücksichtigung der verschiedenen Schneidverfahren. In: TZ für praktische Metallbearbeitung, Heft 68, 1975

Adressen und Ansprechpartner:

Dipl.-Wirt.-Ing. Thorsten Gläsner

(externer Doktorand am Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen, TU München)

Volkswagen Aktiengesellschaft
 Komponenten-Werkzeugbau
 IT und Innovation (HW/5)
 Brieffach 013/3380
 Gifhorner Straße 180
 D-38112 Braunschweig
thorsten.glaesner@volkswagen.de

UTF Science I/2013	T. Gläsner et al.: Zweistufiges Scherschneiden reduziert die ...	S. 6/6
www.utfscience.de	Meisenbach Verlag GmbH, Franz-Ludwig-Straße 7A, 96049 Bamberg	