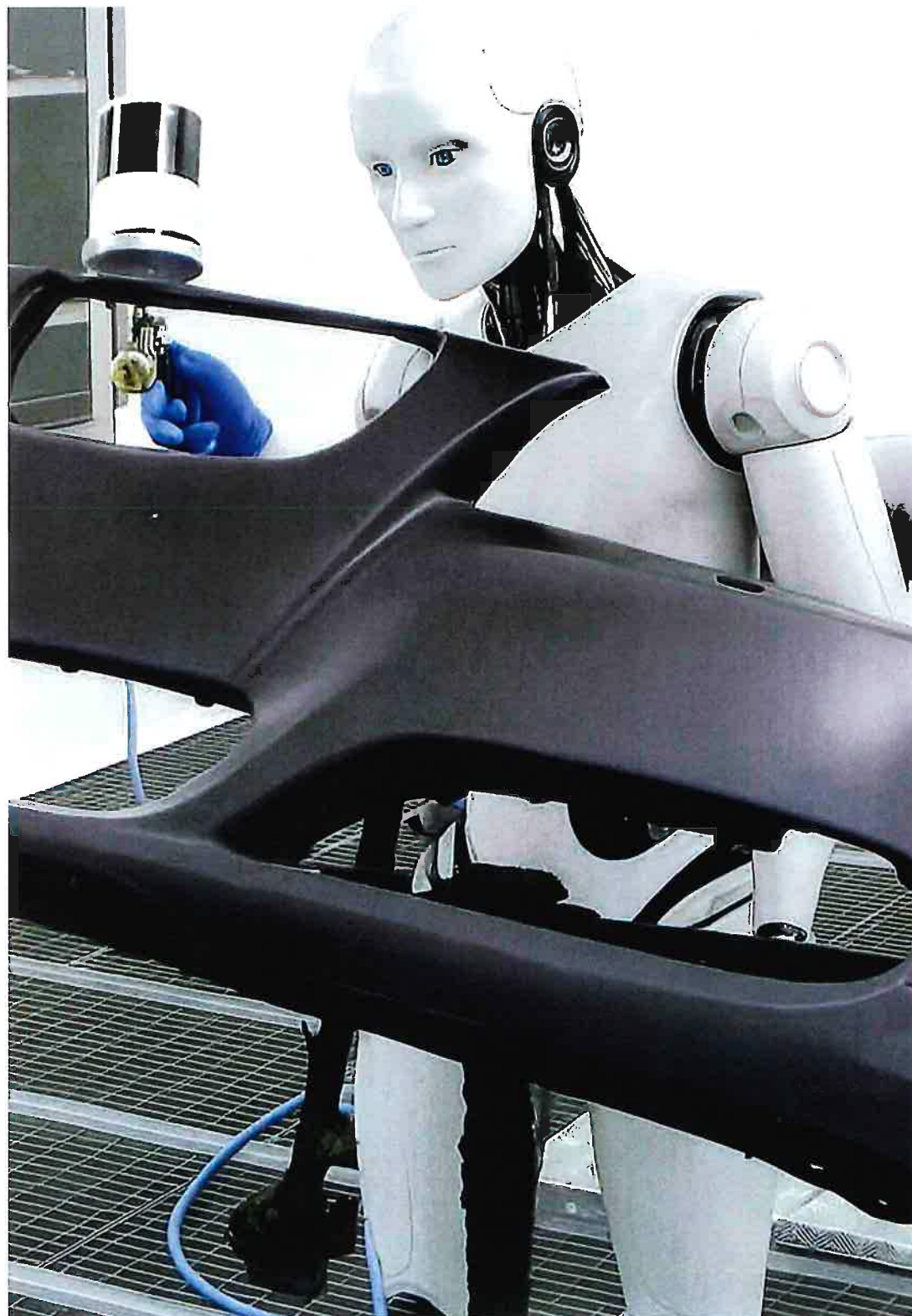


11-12/2025

November/Dezember

78 Jahre Kompetenz



Werkzeug- und Maschinenbau

LACKIEREN

KI: Anlagenbauer präsentiert
Roboterlackierlösung für
Losgröße 1

Bessere Verarbeitung und
Optik bei Maschinenbauer RAS

GALVANOTECHNIK

Energiemanagement in
einer Hartchromgalvanik

Chromtrioxid ist Intermediate
– Urteil aus Baden-Württemberg

PLASMA- OBERFLÄCHENTECHNIK

Magnesium-Kolben
für Profikettensägen

MECHANISCHES BEARBEITEN

6-fach verkettet: Steckverbinder
automatisiert gleitschleifen

REINIGEN UND VORBEHANDELN

Die Vorteile der Lohnreinigung
im High-Purity-Bereich

MARKTÜBERSICHTEN

Feuerverzinken
Strahlmittel und -anlagen



Abb. 1: Solche hochwertigen Edelstahloberflächen für pharmazeutische Anwendungen erfordern eine abgestimmte Prozesskette.

Warum die Prozesskette zählt

Arnulf Hörtnagl; Technische Hochschule Würzburg-Schweinfurt / Fakultät Maschinenbau; Cornelius Mauch; Bolz Intec GmbH

Edlestahloberflächen für sensible Anwendungen erfordern eine abgestimmte Prozesskette

Für bestmögliche Edelstahloberflächen reicht finales Elektropolieren nicht aus. Entscheidend ist das Zusammenspiel der gesamten Wertschöpfungskette bis hin zum gezielten Oberflächenaufbau. Nur dann sind reproduzierbare, hygienische und dauerhaft beständige Oberflächen möglich.

In der chemischen, lebensmittelverarbeitenden und insbesondere der pharmazeutischen Industrie werden an Oberflächen und Werkstoffe höchste Anforderungen gestellt. Für alle Prozesse, bei denen ein direkter Kontakt zwischen Produkt und Anlagenteilen besteht, ist es in den meisten Fällen erforderlich, Werkstoffe einzusetzen, die keine Wechselwirkungen mit dem Produkt

eingehen und gleichzeitig eine hohe Beständigkeit aufweisen. Nichtrostende Edelstähle haben sich hierfür aufgrund ihrer chemischen Stabilität, Reinigbarkeit und mechanischen Belastbarkeit als Standardwerkstoffe etabliert (Vgl. Abbildung 1). [1]

Besonders im pharmazeutischen Apparate- und Anlagenbau spielen die Werkstoffgüten 1.4404 und 1.4435 bzw. 316L

eine zentrale Rolle. Zum Erzielen der gewünschten Oberflächeneigenschaften nennt die Basler Norm 94 die Anforderungen an das chemische Beizen, Passivieren und Elektropolieren von Rohren und Apparaten aus austenitischen Edelstählen. Vergleichbare Anforderungen finden sich in weiteren Vorschriften, etwa in der ASME BPE für den Biotechnologie- und Pharmabereich oder in den Hygieneanforderungen der EHEDG für die Lebensmittelindustrie. Ziel aller Maßnahmen ist die Minimierung von Partikelanhaftungen, Produktablagerungen und mikrobieller Kontamination bei gleichzeitiger hoher Lebensdauer der verwendeten Komponenten.

Fertigung von Anlagen und Behältern

Um die für den Anwender bestmögliche Oberfläche zu erzielen, ist allerdings nicht nur die finale Oberflächenbehandlung durch Elektropolieren und Passivieren von Bedeutung. Vielmehr gilt es, die gesamte Wertschöpfungskette zu berücksichtigen, ausgehend vom Vormaterial und dessen Herstellprozess, über das Trennen und Umformen bis hin zum gezielten Oberflächenaufbau durch

einen mehrstufigen Schleifprozess. Mehrstufige Schleifprozesse glätten Schweißnähte, entfernen Unregelmäßigkeiten und erzeugen ein homogenes Schliffbild.

Parameter wie Schleifmittel, Vorschub, Anpressdruck, Körnung und Zugänglichkeit der Oberfläche haben einen direkten Einfluss auf die erzeugte Rauheit und damit auch auf das spätere Anhaftungsverhalten von Medien. Bedingt durch die häufig stark eingeschränkte Zugänglichkeit der zu bearbeitenden Oberflächen ist manuelles Schleifen auch heute noch als Stand der Technik anzusehen.

Die erzeugte Oberflächenqualität hängt dabei stark von der Erfahrung des Werkers ab. Messungen zeigen, dass Rauheitswerte (R_a) bei identischen Vorgaben um $\pm 50\%$ variieren können. Besonders bei komplex geformten Behältern oder schwer zugänglichen Rohrleitungen ist eine reproduzierbare Bearbeitung schwer zu gewährleisten. Geschliffene Oberflächen zeigen dabei auch nach dem Elektropolieren meist noch eine Vorzugsrichtung, sodass dieser Einfluss weiterhin bestehen bleibt (vgl. Abbildung 2). [1,2,3]

Während sich konventionelle Schleifverfahren aufgrund der Geometrie vieler Bauteile nur begrenzt automatisieren lassen, können alternative Verfahren wie das Strahlen von Bauteiloberflächen ebenfalls negative Auswirkungen auf das Anhaftungsverhalten von Partikeln und Mikroorganismen haben.

Die ideale Oberfläche

Die Anforderungen an eine ideale Oberflächenbearbeitung bestehen somit in einem automatisierbaren oder teilautomatisierbaren abrasiven Verfahren, das eine möglichst homogene Oberfläche erzeugt. Dabei muss sichergestellt sein, dass keine Fremdpartikel eingebracht werden und die plastische

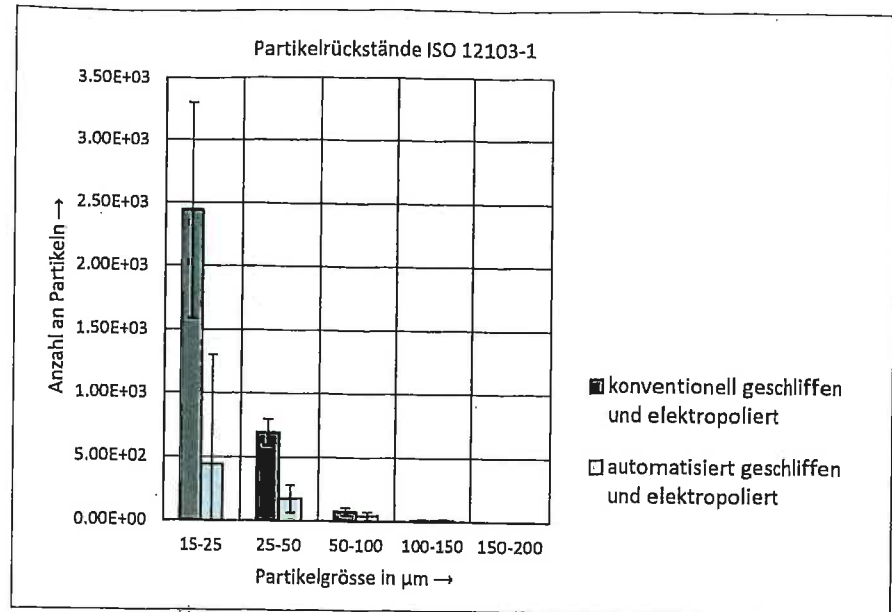


Abb. 2: Gegenüberstellung von elektropolierten Oberflächen – Werkstoff 1.4435; Links: konventionell geschliffen und elektropoliert; Rechts: OGF-Verfahren und elektropoliert.

Verformung der Bauteiloberfläche minimal bleibt. [1]

Diesen Anforderungen kommt das speziell entwickelte Verfahren „Optimized Grind Finishing“ (OGF) der Firma Bolz Intec GmbH sehr nahe. Es handelt sich um eine modifizierte Form konventioneller Gleitschleifprozesse, bei der verlängerte Bearbeitungszeiten, bauteilspezifische Prozessparameter und eine abgestimmte Nachbehandlung eine besonders gleichmäßige Oberflächenstruktur ermöglichen. Das Ergebnis ist eine homogene, partikelarme Oberfläche mit deutlich reduzierten Anhaftungseigenschaften (vgl. Abbildung 3).

Festzuhalten ist, dass die Reduktion plastischer Deformationen an der Bauteiloberfläche nicht nur die erzielte Oberflächentopografie, sondern auch die Homogenität der Passivschicht beeinflusst. Diese wenige Nanometer dicke Chromoxidschicht weist

eine höhere Korrosionsbeständigkeit auf, wenn sie gleichmäßig ausgebildet ist und ein hohes Cr/Fe-Verhältnis aufweist. Zwar bildet sie sich unter normalen Umgebungsbedingungen selbstständig, jedoch verbessert Elektropolieren in Kombination mit anschließendem Passivieren ihre Stabilität und Schutzwirkung deutlich. [1,2,4]

Denn beim Elektropolieren werden Mikrostrukturen geglättet, Spitzen abgetragen und die Oberflächenenergie reduziert, wodurch Partikelanhaftungen minimiert werden. Geringfügige Rauheitssteigerungen können allerdings vorteilhaft sein, da verdeckte Stellen freigelegt und die Reinigbarkeit verbessert werden. Die anschließende Passivierung erzeugt eine dichte und homogene Chromoxidschicht, die die Korrosionsbeständigkeit weiter erhöht. [1,2]

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass die abtragende Wirkung des

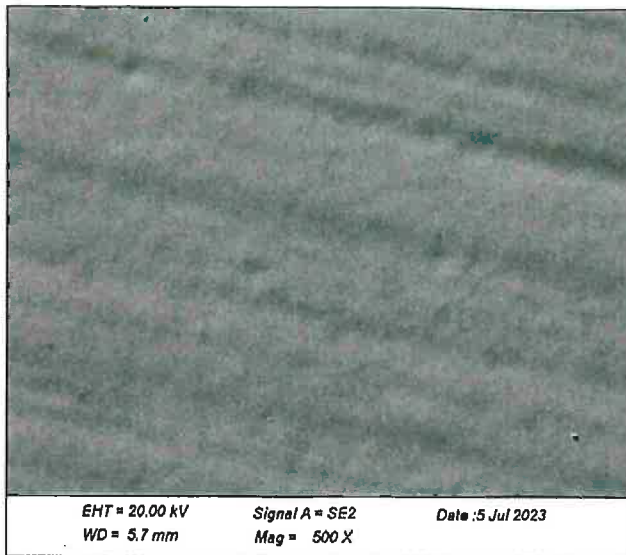


Abb. 3a: Die REM-Aufnahme einer konventionell hergestellten Bauteiloberfläche (gem. ISO 12103-1) zeigt Inhomogenitäten.

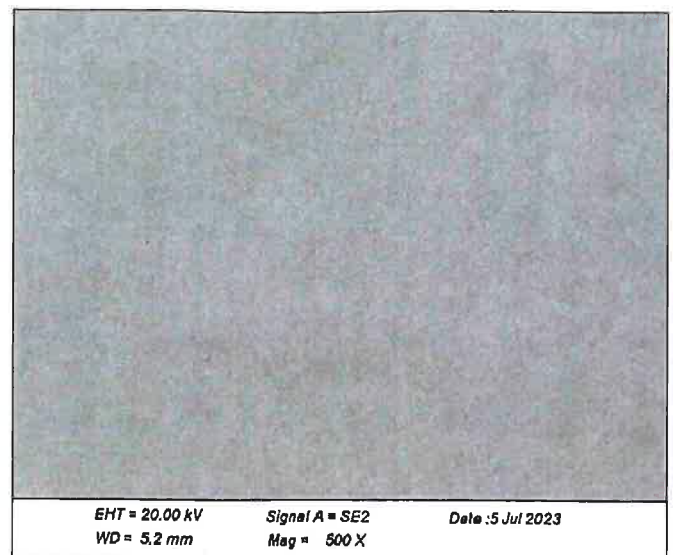


Abb. 3b: Das OGF Verfahren erzielt besonders homogene, partikelarme Oberflächen mit deutlich reduzierten Anhaftungseigenschaften.


Elektropolierens begrenzt ist und eine zu lange Behandlungsdauer zu Inhomogenitäten führen kann. Wird die plastische Deformation während der mechanischen Bearbeitung geringgehalten, lässt sich die oberflächennahe Beilby-Schicht durch Elektropolieren vollständig entfernen, wodurch sich optimale Oberflächeneigenschaften erzielen lassen. (vgl. Abbildung 3).[2,4]

Zusammenfassung und Fazit

Die Oberflächenqualität von Edelstahlbauteilen für sensible Anwendungen wird maßgeblich durch das Zusammenspiel von Werkstoffauswahl, mechanischer

Bearbeitung, Elektropolieren und Passivierung bestimmt. Durch die gezielte Abstimmung dieser Prozessschritte entsteht ein Endprodukt mit hoher Korrosionsbeständigkeit, ausgezeichneter Reinigbarkeit und langer Lebensdauer.

Nur eine ganzheitliche Betrachtung des Fertigungsprozesses und die Anwendung reproduzierbarer Verfahren gewährleisten Oberflächen, die hygienisch einwandfrei, korrosionsbeständig und für sensible Produktionsprozesse optimal geeignet sind. 🟡

 Bolz Intec GmbH
www.bolz-intec.de

Literaturverzeichnis

- [1] P. Gümpel; Rostfreie Stähle: Grundwissen, Konstruktions- und Verarbeitungshinweise; Expert Verlag, (2024)
- [2] S. Trigwell, G. Selvaduray; Effect of Surface Treatment on the Surface Characteristics of AISI 316L Stainless Steel, NASA Report, (2005)
- [3] Merkblatt 968 – Mechanische Oberflächenbearbeitung nichtrostender Stähle in dekorativen Anwendungen; Euro Inox (2005)
- [4] J. Wulff; Effect of surface conditioning on microstructure, Stainless steel conference, New York; (1947)

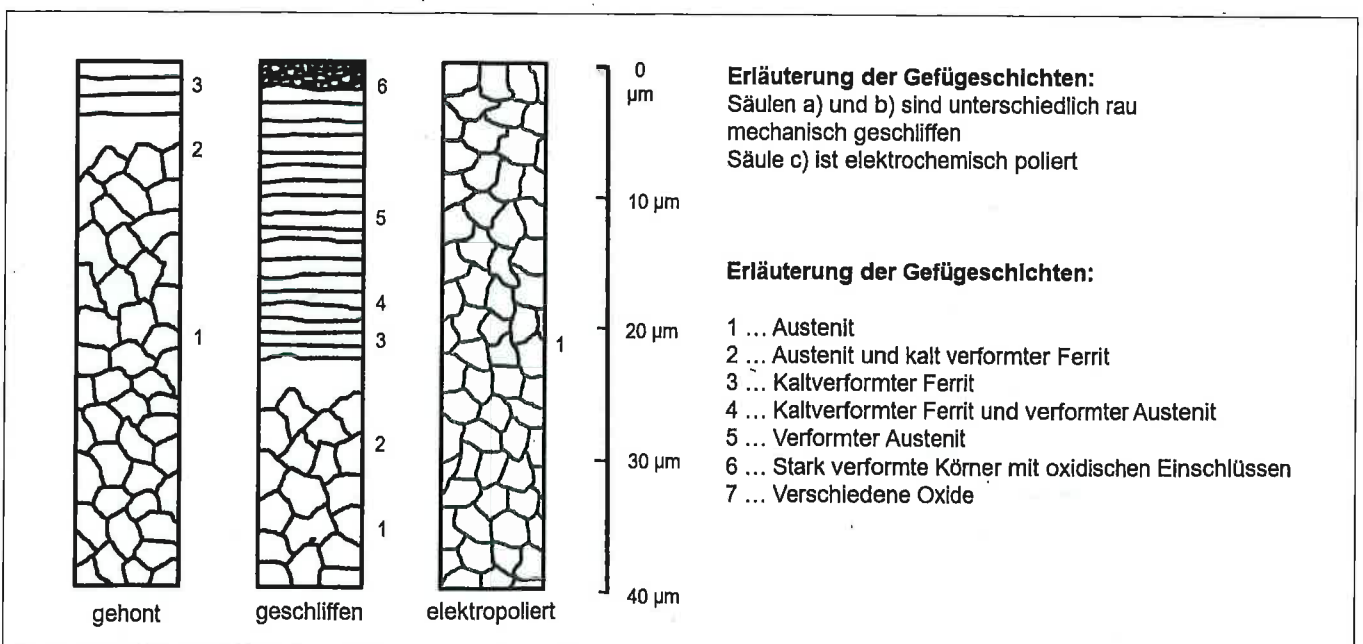


Abb. 4: Schematische Darstellung des Einflusses der Oberflächenbearbeitung auf die Tiefe der dadurch veränderten Beilby-Schicht – Werkstoff 1.4301 [4].