2-3

Verbesserung des Korrosionsschutzes durch konstruktive Maßnahmen

QIB
Qualitätsgemeinschaft
Industriebeschichtung

Inhalt

1 Einleitung

2 Konstruktion

3 Oxidschichten und Zunderschichten

4 Kanten

5 Mechanische Vorbereitung

6 Vorbehandlungsverfahren

7 Schichtdicke

8 Fazit

Dieses Merkblatt ist eine Information für Hersteller und Beschichter.

Es zeigt mögliche und wirksame Korrosionsschutzmaßnahmen auf.

Bereits bei der Konstruktion und Fertigung von Bauteilen kann ein wesentlicher Einfluss auf die spätere Qualität genommen werden.

1) Einleitung

In modernen Produktionsverfahren wird die Fertigung von Bauteilen oft in verschiedenen Abteilungen oder Prozessschritten geplant und durchgeführt. Eine ganzheitliche Prozessbetrachtung oder Qualitätsplanung findet in Bezug auf die Auswahl der Fertigungsverfahren und der Bearbeitungsschritte nur selten statt. Durch eine ganzheitliche Prozessbetrachtung bei der Herstellung von Teilen, kann die Qualität um ein Vielfaches gesteigert werden. Im Gesamtprozess können somit im Vorfeld durch geeignete Maßnahmen spätere Reklamationen von beschichteten Teilen minimiert werden. Das bringt große Einsparpotentiale mit sich. Dieses Merkblatt soll gezielte Maßnahmen und Möglichkeiten aufzeigen, um die Qualität der Konstruktion und damit auch des Korrosionsschutzes nachhaltig zu verbessern.

Typische Probleme bei dem Beschichtungsergebnis sind auf folgende Ursachen zurückzuführen:

- Konstruktion
- Oxidschichten und Zunderschichten
- Vorbehandlungsverfahren
- Scharfe Kanten
- Mechanische Vorbereitung
- Schichtdicke

2) Konstruktion

Einen wesentlichen Anteil zum Erfolg eines organischen Korrosionsschutzsystems trägt bereits die Konstruktion bei. Die Konstruktionsabteilung muss Falze und Dopplungen vermeiden und Fügestellen so konstruieren, dass die Erreichbarkeit gewährleistet ist. Durch sogenannte Schweißfüße lassen sich zum Beispiel Spalten vermeiden. Durch definierte Aufhängepunkte kann die Schwachstelle „Aufhängepunkt“ gezielt festgelegt werden. Gleichzeitig können die Entwässerungsbohrungen, die für die chemische Vorbehandlung notwendig sind, richtig platziert werden. Durch ein rechtzeitiges Einbinden des Beschichters können bereits in diesem Stadium wesentliche Kostenersparnisse realisiert werden. Zum Beispiel durch eine bessere Gehängeauslastung oder durch das Wegfallen von Zusatzleistungen wie grundieren und abdichten.

Typische Fehlerquellen:

- Falze
- Materialdopplungen
- Fehlende Erreichbarkeit der Oberflächen
- fehlende oder fehlerhafte Lackiervorschrift
- Spalten und Fugen
- ungenaue Arbeitsplanung
- Verfahrensbedingte Fehlerpunkte
- Korrosionsschutzanforderung wurde nicht exakt definiert

Schweißfuß: links richtige Ausführung, rechts Korrosionsgefahr durch Spalt

3) Oxidschichten und Zunderschichten

Bei jeder Wärmebehandlung nahe dem Schmelzpunkt des Metalls entstehen in Verbindung mit Sauerstoff Zunderschichten. Jegliche Oxidschicht und Zunderschicht setzt die Korrosionsbeständigkeit extrem herab. Daher ist bei der Beschaffung auf zunderfreies Material, wie z.B. kaltgewalzter blanker Stahl oder im Werk gestrahltes Material, zu achten.

Beim Laserbearbeiten entsteht bei sauerstoffgelaserten Blechen Laserzunder, beim Schweißen Schweißzunder. Wasserstrahlgeschnittene Bleche weisen oft Flugrost auf, der durch den Kontakt mit Wasser aus dem Schneidestrahl entsteht.

Auch bei der Lagerung und dem Transport der Teile ist eine Oxidierung und Rostbildung zu verhindern.

Praxistipp – Entzundern von Werkstückkanten:

Rost- und zunderfreie Produkte und Verfahren sind zu bevorzugen. Das Entzundern und Verputzen sollte im Produktionsprozess eingeplant werden.

Walzzunder und Korrosion an Rohmaterialien

Schweißteil mit Zunder- und Fetteinbrand

Das Entzundern kann bei Kanten und Schweißnähten mit Handwerkzeugen durchgeführt werden. Mit Entgratungsmaschinen kann der Zunder, der beim Laserbrennschneiden entsteht, entfernt werden. Dies geschieht mit Drahtbürsten verschiedenster Ausgestaltung. Bei dünneren Blechen wird häufig mit Stickstoff geschnitten (Laserschmelzschneiden), dann entsteht keine Zunderbildung. Mit chemischen Beizverfahren kann Rost und Zunder entfernt werden. Dabei sollte die Bearbeitungszeit beachtet werden, welche mehrere Minuten bis Stunden betragen kann.

Drahtbürsten zum Entzundern

Winkelschleifer mit Topfbürste

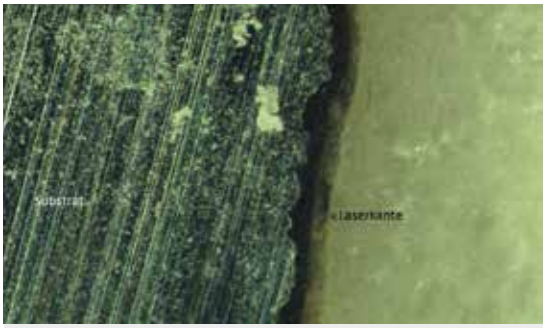
Eine andere Alternative den Zunder zu entfernen ist das manuelle oder automatische Strahlen. Bauteile können auf diese Weise vom Zunder befreit und für die Lackierung vorbereitet werden. Auf das Verrunden der Kanten kann aber dennoch nicht verzichtet werden, denn beim Strahlen werden die Kanten bestenfalls gebrochen, aber nicht verrundet.

Sandstrahlen im Freistrahlhaus

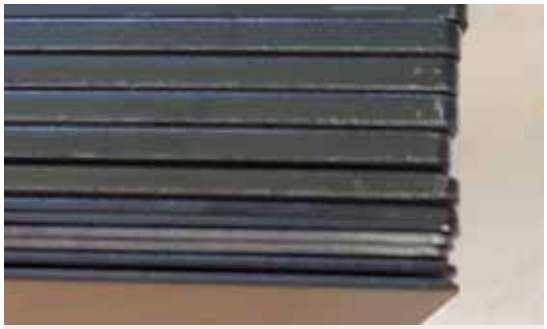
Rollengangstrahlanlage

4) Kanten

Jeder Metallzuschnitt erzeugt eine Kante. Die gebräuchlichsten Schnitttechniken erzeugen ein ähnliches Kantenprofil. Das Schneidemedium tritt von oben ein, gefolgt von einer Flanke und endet an der Austrittstelle mit einem Grat.



Laserkante



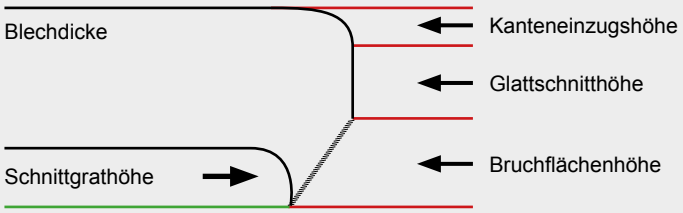
Laserkanten mit Zunder

- Beim Stanzen und Schneiden erzeugt das eindringende Werkzeug an der Oberfläche eine Verrundung, gefolgt von einer Schnittfläche, die über eine Bruchkante in einem Grat endet.
- Beim Lasern und Plasmaschneiden entsteht durch den hohen Hitzeeintrag zusätzlich eine Randflächenhärtung sowie, je nach verwendetem Gas, eine bläuliche Oxidschicht.
- Wasserstrahlgeschnittene Kanten zeigen eine ähnliche Gratbildung an der Austrittstelle. Bei größeren Blechdicken wird die Schneidekante profiliert und zeigt eine Aufweitung nach unten.

Die Eigenschaften der Schnittkanten sind im VDI Merkblatt 2906 beschrieben. Charakteristisch ist bei allen Verfahren ein Grat an der Unterseite. Dieser Grat beträgt je nach Verfahren zwischen wenigen 1/10 mm beim Stanzen bis zu mehreren mm beim Autogen- oder Plasmaschneiden. Laserschnitte können im Bestfall gratfrei sein, aber auch eine 90° Kante ist zu scharf für eine perfekte Beschichtung.

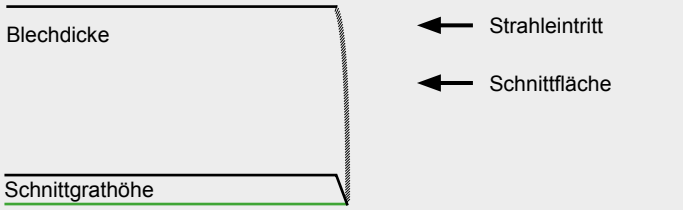
Scherschneiden

Schema von Scherschnitten
(Quelle: Matthias Bader / Bader Pulverbeschichtungen GmbH)



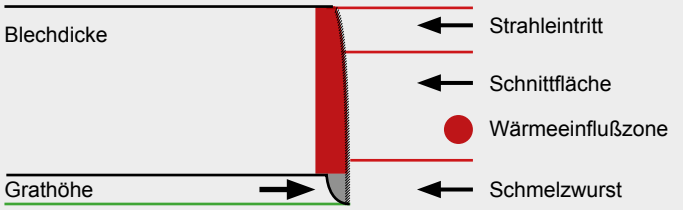
Wasserstrahlschneiden

Schema von Wasserstrahlschneiden
(Quelle: Matthias Bader / Bader Pulverbeschichtungen GmbH)

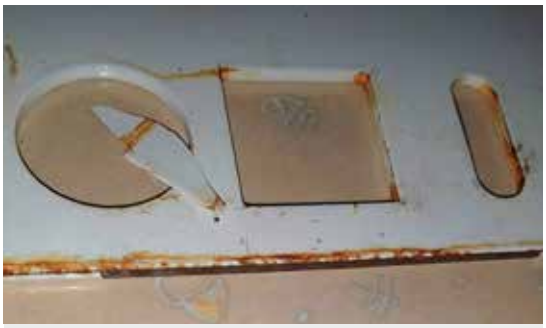


Laserstrahlschneiden

Schema von Laserstrahlschneiden
(Quelle: Matthias Bader / Bader Pulverbeschichtungen GmbH)



Eine Laserzunderschicht an den Materialkanten, geschnitten mittels Sauerstoff, ohne diese vorher mechanisch oder mit Säure entfernt zu haben, enthaftet großflächig unter Belastung an der Kante. Darüber hinaus ist die typische Schwachstelle bei der Beschichtung von Kanten die sogenannte Kantenflucht.

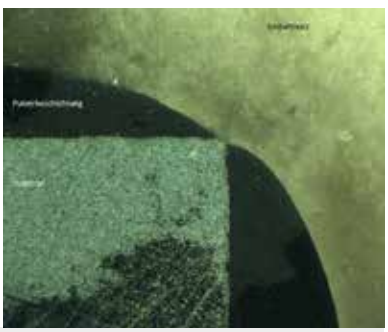


Versuchsblech mit abgeplatzter Beschichtung an der Laserkante

„Die Kenntnis physikalischer Effekte hilft, Lackfehler zu vermeiden. Rost beginnt meist an den Kanten und ist häufig eine Folge von physikalischen Effekten. Liegt doch in den meisten Fällen eine Unterbeschichtung der Kante vor, die eine Folge von hoher Oberflächenspannung des Beschichtungsstoffes ist. Und ist doch eine hohe Oberflächenspannung durch das Bestreben der Flüssigkeiten gekennzeichnet, seine Oberfläche möglichst gering zu halten. Dies wird bei dem Zurückziehen des Lackes von der Kante erreicht.“

Quelle: Dr. Roland Somborn, Farbe & Lack, 8/2007 S. 47 Vincentz Verlag

Fahrradständer mit Abplatzungen und Korrosion an der Laserkante



Kantenflucht

Schadensbild durch zu geringe Schichtstärke an der Kante

5) Mechanische Vorbereitung

Um die Korrosionsbeständigkeit an den Kanten wesentlich zu verbessern ist es unabdingbar, die Kanten gezielt zu bearbeiten. Dies kann manuell oder maschinell erfolgen. Hier sollen nun zunächst die Verfahren vorgestellt werden, die für ein wirtschaftliches Entgraten von Blechplatinen eingesetzt werden können.

5.1 Aggregate zum Entgraten:
Zum Entgraten, also dem Entfernen des (hochstehenden) Primärgrates, kommen heute in der Regel drei Arten von Schleifaggregaten zum Einsatz:

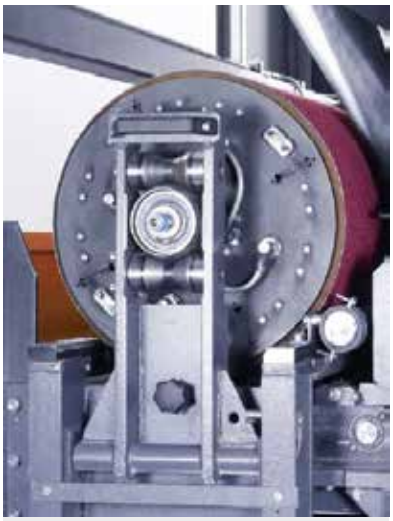
1. Breitbandeinheit

Breitbandeinheit in einer Entgrat- und Verrundungseinheit (Quelle: Karl Heesemann Maschinenfabrik GmbH)

2. querlaufende Schleifbänder

Querlaufende Schleifbänder
(Quelle: blech-entgratung.de)

3. Entgratwalzen



Entgratwalze
(Quelle: ARKU Maschinenbau GmbH)

5.2 Werkzeuge zum Verrunden:
Während die (Schnitt)-Verletzungsgefahr an Blechen bereits mit einer Entschärfung unterhalb von 1/10 mm ausgeschlossen werden kann, ist eine deutlich höhere Verrundung erforderlich, wenn eine ausreichende Schichtstärke auf den Werkstückkanten beim Beschichten erzeugt werden soll. Die Verrundung von Kanten gewinnt derzeit an Bedeutung, da immer mehr Betriebe den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Kantenverrundung und Korrosionsschutz erkennen. Je nach Beschichtungsfarbe „scheint" der Stahl an den Kanten „durch", wenn aufgrund der Kantenflucht die Schichtstärke an der Kante bis auf wenige µm sinkt. Zum Verrunden kommen heute in der Regel drei Arten von Verrundungswerkzeugen zum Einsatz:

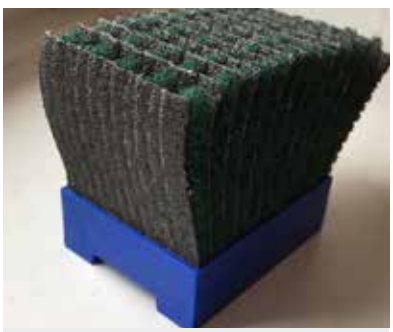
1. Schleiflamellenwalze

Schleiflamellenwalze
(Quelle: www.blech-entgratung.de)

2. Topfbürste (Tellerbürste)

Topfbürste
(Quelle: www.blech-entgratung.de)

3. Schleifklotz



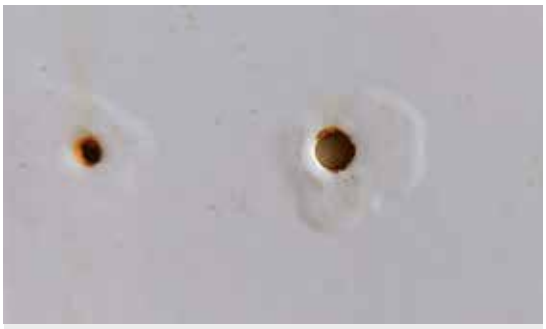
Schleifklotz
(Quelle: www.blech-entgratung.de)

Wichtig ist zu erkennen, dass nicht alle Werkzeuge und Maschinenkonzepte geeignet sind, eine gleichmäßige Verrundung zu erzielen!

Bei Querbürstmaschinen ist dies offensichtlich, denn die Werkzeuge kommen immer aus einer Richtung und schlagen folglich an den Längskanten der Werkstücke auf, wo eine deutlich höhere Verrundung erzielt wird als an den Querkanten, an denen die Werkzeuge nur vorbeistreifen. Aber auch in Reihe geschaltete Topfbürsten oder Topfbürsten in Planetengetrieben stellen nicht sicher, dass die Verrundung gleichmäßig ausfällt. Die Kinematik der Maschine ist hier der entscheidende Faktor. Einige Hersteller haben deshalb ein System entwickelt (teilweise mit Lamellenwalzen, teilweise mit umlaufenden Topfbürsten), das alle Werkstückkanten gleichermaßen bearbeitet. Grundsätzlich lassen sich mit den gezeigten Verrundungswerkzeugen Radien von 2 mm (dickwandige Bauteile) erzeugen. Bei dünnwandigem Material (Feinblech) ist der maximal erreichbare Kantenradius von der Materialstärke abhängig. Das Abtragsvolumen steigt im Quadrat. Um einen guten Korrosionsschutz an der Kante erreichen zu können, sollte die Verrundung mindestens 0,5mm betragen. Bei einem Verrunden auf 2 mm Radius (wie in der Normenreihe DIN EN ISO 12944 und EN ISO 1090 gefordert) erhöht sich somit das Abtragsvolumen um das 16-fache.

5.3 Konstruktive Vorarbeit

Nicht alle Blechbauteile sind verrundungsgerecht konstruiert. Kleine Bohrungen werden schwächer verrundet als große, innenliegende Ecken, insbesondere rechtwinklige oder mit spitzem Winkel, werden ebenfalls weniger stark verrundet.



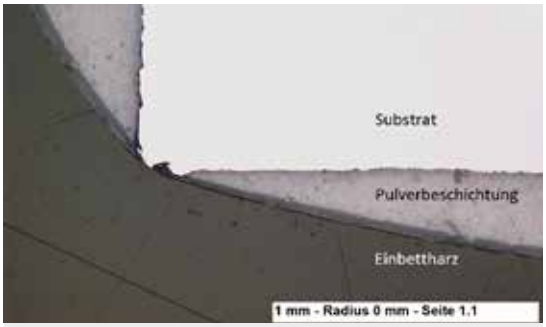
Kleine Bohrungen und Ausschnitte sind schwer zu verrunden, wie die Unterwanderung zeigt

Hier kann Abhilfe geschaffen werden, indem bei der Bohrung ein Mindestradius von 8-10 mm eingehalten wird. Ausschnitte mit „Ecken“ sind möglichst zu vermeiden. Da nur von der Oberfläche aus gearbeitet wird hat die Werkstückstärke keinen Einfluss auf diese Radien.

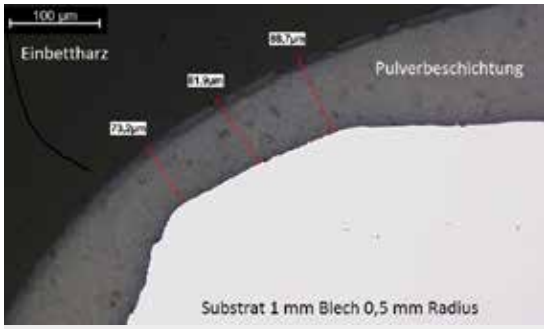
5.4 Bestimmung der Verrundungsintensität

Wie stark die Kanten von Blechen verrundet sind, lässt sich messen. Zum Einsatz kommen hier im einfachsten Fall Mess-Lupen mit eingearbeiteter 1/10 mm Skala. Damit ist eine indikative Bestimmung der Verrundung möglich, wenn auch nicht erkannt werden kann, ob es sich um einen Radius, eine Fase oder einen anderen Verlauf der Kontur handelt.

Bei einer zerstörerischen Prüfung kann eine Kante in Gießharz eingebettet werden und ein Querschliff erstellt werden. Die Kantenkontur kann im Mikroskop bewertet werden.



Querschliff: Kantenflucht

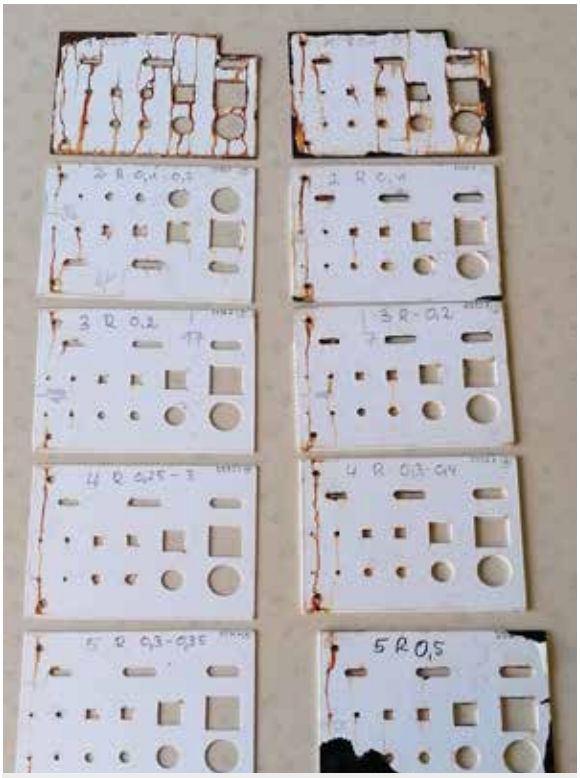


Querschliff: Verrundete Kante dünnwandiges Bauteil (Radius 0,5 mm)

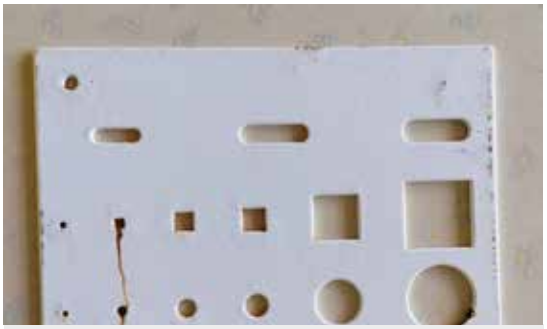
5.5 Unterschiedliche Teilearten
Ob es nun Plasma-, Autogen- oder Laserteile sind, spielt für die Aufgabenstellung der Kantenverrundung grundsätzlich keine Rolle. Bei Bauteilen im Stahlbau über 3 mm Wandstärke greift die Normenreihe DIN EN ISO 12944, DIN EN 1090-2, und DIN 55633. Dann müssen laut Norm, abhängig vom zu erreichenden Korrosionsschutz, Radien von mindestens 2 mm erzeugt werden.

5.6 QIB Versuch zum konstruktiven Korrosionsschutz
Sauerstoff geschnittene Bleche zeigen eine deutliche Verbesserung mit verrundeten Kanten, jedoch beginnt die Korrosion sehr früh an der Zunderkante. Dies führt zu großflächigen Enthaftungen und Korrosionsbildungen.

Bei stickstoffgelaserten Blechen konnte ein sehr gutes Ergebnis nach 500 Stunden im Neutralen Salzsprühversuch (NSS) erreicht werden. Bei Vergleichsproben ohne Kantenverrundung wurde der NSS bereits nach 250 Stunden wegen Vollenthaftung abgebrochen.



Versuch zur Kantenverrundung an lasergeschnittenen Blechen mit Sauerstoff


Probestück mit Kantenverrundung (0,5 mm); nach 500 h NSS lediglich kleine Korrosionserscheinungen

Probestück ohne Kantenverrundung; Vollenthaftung nach 250 h NSS

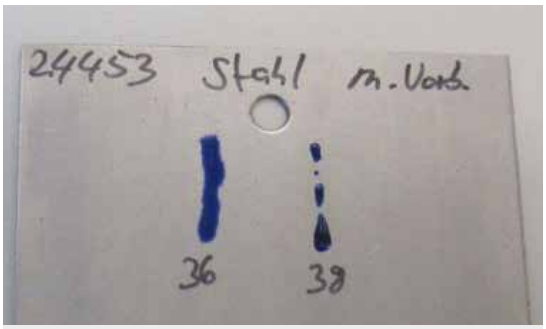
5.7 Kosten
Natürlich kostet das Entgraten und Verrunden Geld. Im Vergleich zu manuellen Verfahren ist die maschinelle Entgratung und Verrundung effizient und liefert reproduzierbare Ergebnisse. Die Kosten der maschinellen Verfahren liegen pro Quadratmeter bearbeitetem Material in einer Bandbreite von 2 – 6 €/qm. Dies berücksichtigt sämtliche Kosten wie Abschreibung, Lohnkosten des Bedieners, Werkzeuge, kalkulatorische Miete für die Stellfläche, Wartung etc.

6) Vorbehandlungsverfahren

Anlage zur chemischen Vorbehandlung

Die Vorbehandlung kann mechanisch, chemisch oder in Kombination erfolgen. Das Ziel ist eine beschichtungsfähige Oberfläche.

6.1 Chemische Vorbehandlung
Bei der chemischen Vorbehandlung wird durch geeignete Chemikalien eine Entfettung und Reinigung der Oberfläche erreicht. Durch entsprechende Chemikalien kann ein Beizangriff erfolgen, der die Substratoberfläche aktiviert. Die Konversionsschicht oder Passivierung erfolgt schichtbildend im Mikro- oder Nanometer-Bereich.



Entfettungsbestimmung mittels Prüftinte

Durch den **Benetzungstest** oder durch sogenannte Prüftinte kann die Entfettungswirkung geprüft werden. Dabei wird die erreichte Oberflächenspannung gemessen.

Kantig mit Korund gestrahltes Bauteil

6.2 Mechanische Vorbehandlung
Bei der mechanischen Vorbehandlung erfolgt eine Aufrauung der Oberfläche. Um einen möglichst guten Haftfestigkeitsverbund zwischen Oberfläche und Beschichtung zu erzielen ist die Rauheit maßgeblich. Mit kantigem Strahlmittel ist im Gegensatz zu kugeligem Strahlmittel eine bessere Rauheit zu erreichen. Der RZ-Wert sollte 25-40 % der geplanten Beschichtungsdicke betragen, damit die Lackschicht eine gute Haftfestigkeit erzielen kann und die gestrahlte Struktur komplett überdecken kann.

7) Schichtdicke

Um den notwendigen Korrosionsschutz zu erreichen müssen die Mindestschichtstärken (siehe technisches Datenblatt) eingehalten werden. Da jede organische Beschichtung eine gewisse Wasseraufnahme und Durchlässigkeit hat, ist die Einhaltung der Mindestschichtdicke eine wichtige Größe, die unbedingt in engen Grenzen eingehalten werden muss. Üblicherweise ist bei hohen Korrosionsschutzanforderungen eine Grundierung und/oder ein Duplexverfahren (Verzinkung und Beschichtung) notwendig.

Korrosionsschäden wegen zu geringer Schichtdicke

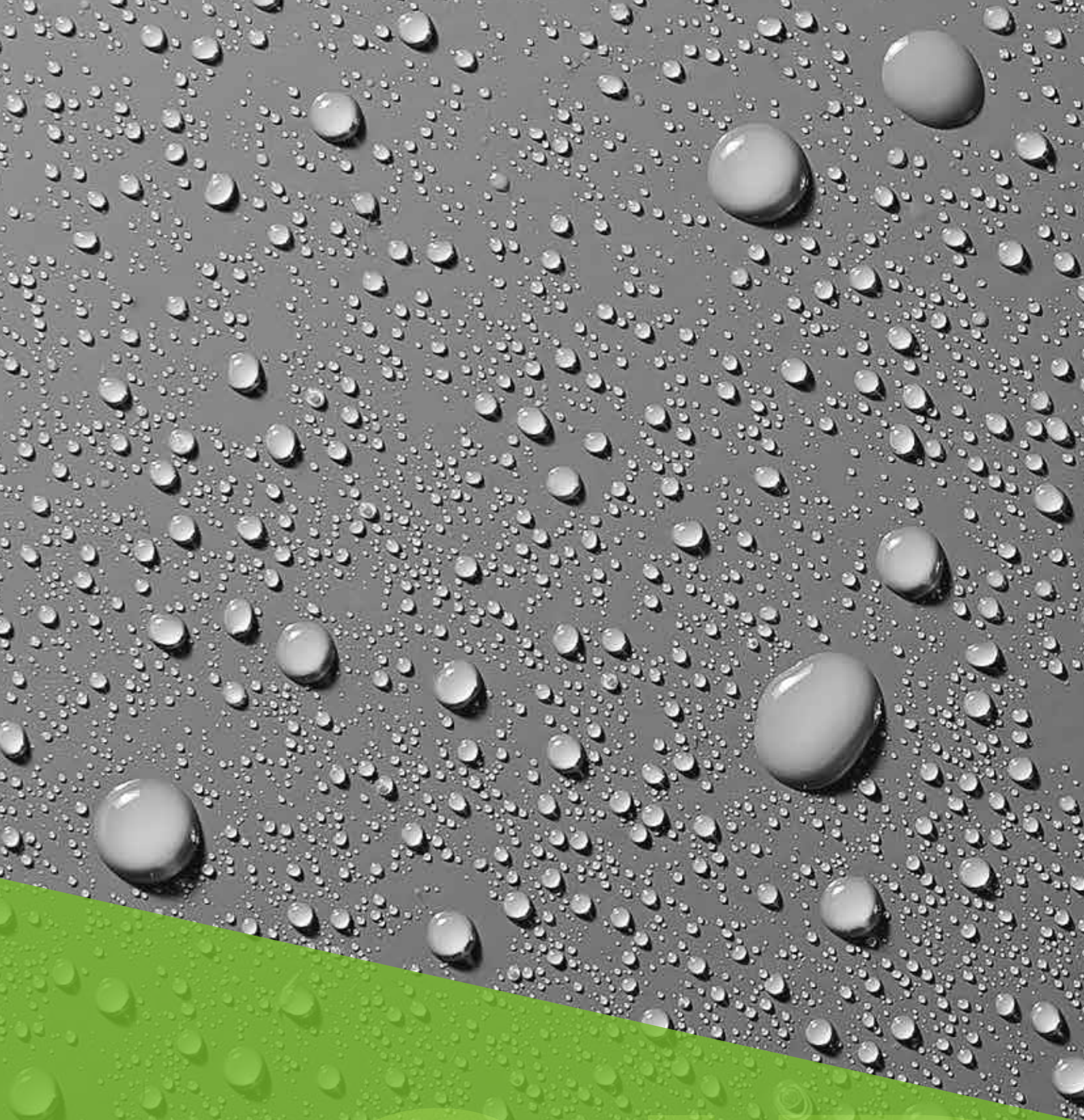
Die wirksame Schichtdicke kann nur sichergestellt werden, wenn der Zuschnitt, die Schweißnähte und die Fügestellen im Herstellungsprozess des Werkstückes richtig bearbeitet sind und alle Flächen vom Beschichtungsstoff erreichbar sind. Entgratung und Entzunderung obliegen dem Herstellungsprozess und müssen bei der Produktion berücksichtigt werden. Die Oberflächentechnik befasst sich mit den Aufgaben Entfettung, Reinigung, Konversionsschichtbildung und Auftrag des Beschichtungsstoffes. (Trennung zwischen Oberflächentechnik und Fertigungstechnik)

Durch die Auswahl des Beschichtungsstoffes kann auch Einfluss auf die Schichtbildung genommen werden. Hochglänzende Lacke neigen zu einer höheren Kantenflucht als feinstrukturierte Lacke. Über die Viskosität und den Temperaturverlauf im Ofen kann der Lackhersteller spezielle Formulierungen entwickeln, die eine gleichmäßigere Schichtverteilung möglich machen. Bei gestrahlten Flächen ist das Messgerät auf den gestrahlten Untergrund zu kalibrieren. Geschieht dies nicht, ergeben sich nicht korrekte Messergebnisse, da die Rauheit des Materials nicht berücksichtigt wird. Dies kann dazu führen, dass zu geringe Schichtdicken bei gestrahlten Substraten gemessen werden. Durch eine beidseitige Kantenverrundung kann eine gleichmäßige Schichtdicke an Kanten, Bohrungen und Ausschnitten erreicht werden.

8) Fazit

Bei der Beachtung der fünf wichtigsten Kriterien – Konstruktion, Vermeidung von Oxid- und Zunderschichten, Kantenradius, geeignetes Vorbehandlungsverfahren sowie Schichtdicke kann der Korrosionsschutz am beschichteten Fertigteil bis zum Faktor zehn verbessert werden.

Mit freundlicher Unterstützung von:
Markus Lindörfer (**www.blech-entgratung.de**) und
Matthias Bader (**www.bader-pulver.de**)



Herausgeber:

Qualitätsgemeinschaft Industriebeschichtung e.V.
Alexander-von-Humboldt-Straße 19
73529 Schwäbisch Gmünd

Telefon: 07171/10408-33
Telefax: 07171/10408-50
www.qib-online.de
info@qib-online.com

© QIB e.V. Schwäbisch Gmünd
Stand: Oktober 2019

Die technischen Angaben und Empfehlungen dieses Merkblattes beruhen auf dem Kenntnisstand bei der Veröffentlichung. Eine Rechtsverbindlichkeit kann daraus nicht abgeleitet werden.