

# Die Qual der Wahl

## Welches Entschichtungsverfahren ist das richtige? – Teil 1

Für die Entschichtung stehen mehrere Verfahren zur Verfügung. Der folgende Beitrag beschreibt, nach welchen Kriterien das passende Verfahren ausgewählt werden sollte. Der erste Teil in dieser JOT-Ausgabe erläutert die Vor- und Nachteile der wichtigsten Entschichtungsmöglichkeiten. Der zweite Teil in der Februar-Ausgabe wird sich mit den Kosten und dem Thema „Inhouse-Entlackung oder externer Entschichter“ befassen.

Es ist unvermeidbar, dass beim Lackieren auch Betriebsmittel wie Lackiergestelle, Lackiergehänge und Gitterroste mitlackiert werden. Diese Betriebsmittel müssen von Zeit zu Zeit entschichtet werden – von einem externen Entschichter, von einem Dienstleister in der Lackiererei oder mit eigenen Kapazitäten. Nachfolgend werden Entschichtungsverfahren vorgestellt. Auch die Frage, ob und in welchem Fall eine interne oder externe Entschichtung die bessere Lösung ist, wird besprochen.

Die Entschichtungsverfahren können unterteilt werden in

- ◆ thermische Entschichtung,
- ◆ chemische Entschichtung und
- ◆ physikalische Entschichtung.

Zu den thermischen Verfahren wird die Pyrolyse und das Wirbelbett gezählt. Im weitesten Sinne auch das neu entwickelte Verfahren der Wirbelstrom-Entschichtung. Chemisch kann in einfachen Tauchbecken entschichtet werden. Zu den neueren Verfahren gehört die chemische Entschichtung in

Spritzanlagen. Das Schleifen, das Sandstrahlen, das kryogene Entschichten und die Anwendung von Wasserhochdruck werden zu den physikalischen Methoden gezählt.

### Die thermischen Entschichtungsverfahren

#### Wirbelbett

Bei der thermischen Entschichtung im Wirbelbett wird das Entschichtungsgut in ein Bad aus zirka 400 °C heißem Quarzsand oder Aluminiumoxyd eingetaucht und kurzfristig aufgeheizt. Dabei zersetzen sich die organischen Lackanteile. Das entstehende Gas wird in einer TNV verbrannt. Voraussetzung ist die Temperaturbeständigkeit der zu entschichtenden Werkstücke.

**Vorteile:** Bei diesem Verfahren wird die zu entschichtende Oberfläche gut erreicht. Es ist daher auch für geometrisch aufwändige Formen geeignet. Von den thermischen Verfahren hat das Wirbelbett eine relativ kurze Chargenzeit von rund 60 Minuten.

**Nachteile:** Als nachteilig erweist sich, dass die Anlage im Dauerbetrieb laufen sollte. Dabei ist ein hoher Energieverbrauch zu erwarten. Thermische Verfahren bedingen immer Veränderun-

gen im Material, die auf Kosten der Festigkeit gehen können. Die einzelnen Chargen sind relativ klein und das Beschicken und Entleeren ist aufwändig.

Ungeeignet ist das Verfahren für bewegliche Teile, da sich der feine Sand zwischen die Gelenkteile setzen kann. Hohlkörper und schöpfende Teile sollten ebenfalls gemieden werden. Eine Nachbehandlung, beispielsweise durch Strahlen, ist erforderlich.

#### Pyrolyse

Bei der pyrolytischen Entschichtung werden die organischen Bestandteile bei Temperaturen > 400 °C ohne Sauerstoff verschwelt. Das Verschweilen kann durch heißes Gas einer Brennerflamme erfolgen. Es entsteht ein brennbares Schwelgas, das wieder zum Beheizen des Schwelprozesses verwendet wird. Als Voraussetzung gilt auch hier, dass die zu entschichtenden Teile temperaturbeständig sind.

**Vorteile:** Die Energieverluste sind bei diesem Verfahren durch die Nutzung des Schwelgases gering. Die Oxidation läuft dabei vollständig ab. Je nach Qualitätsanforderungen kann eine Nacharbeit entfallen. Das Bestücken kann relativ einfach mit Gitterboxen erfolgen, so dass diese Anlagen auch für Massenteile geeignet sind. In Bezug auf Werkstückformen und -größen gelten für dieses Verfahren kaum Einschränkungen.

**Nachteile:** Auch dieser Anlagentyp ist für den Dauerbetrieb ausgelegt. Das Entschichtungsgut sollte relativ einfache, geometrische Formen haben, da sich andernfalls die Werkstücke bei Temperaturschwankungen verziehen können. Auch hier gilt, dass sich das Gefüge des eingesetzten Materials bei den hohen Temperaturen verändert, was sich auf die Festigkeit auswirken kann. Die Anwendung bei Hohlkörpern sollte vermieden werden, da eingeschlossene Luft zur Explosion

#### Entschichtungsverfahren Einsatz in der Praxis

Thermische Entschichtung	Wirbelbettverfahren Pyrolyseverfahren Wirbelstromverfahren
Chemische Entschichtung	Tauchanlagen Spritzanlagen
Physikalische Entschichtung	Wasserhochdruck Schleifen Kryogenes Entschichten



Wirbelstrom-Entlackungsanlage. Damit kann jeder Lacktyp gelöst werden. Die Wirbelstrom-Einwirkzeit beträgt nur wenige Sekunden.

führen kann. Die Entlackungsdauer beträgt bis zu 10 Stunden.

### Wirbelstrom-Entschichtung

Wirbelströme entstehen, wenn ein Metall in einem Magnetfeld bewegt wird. Dabei wird in diesem aufgrund der hohen Beweglichkeit der freien Ladungsträger eine Spannung induziert. Es entstehen im Metall in sich geschlossene Wirbelströme, deren Magnetfeld auf Kosten der Bewegungsenergie aufgebaut wird.

Die induktive Entschichtung macht sich diesen Zusammenhang zunutze, indem mit einer Induktionsspule unter der Lackschicht elektrisch leitfähiger Teile ein Wirbelstrom erzeugt wird.

Dabei entsteht Wärme, die eine kleine Lackmenge im direkten Kontaktbereich zum Metall verdampft. Die Haftung des Lacks bricht, dickere Lackschichten sprengen ab. Verbleibender Lack muss nachfolgend mechanisch, zum Beispiel durch Bürsten, entfernt werden. Zur Absaugung der Dämpfe ist eine mehrstufige Luftfiltrationsanlage mit Kreislaufführung integriert. Es werden keine Zu- und Abluftkanäle benötigt.

**Vorteile:** Mit diesem System kann jeder Lacktyp sowie alle Arten von Gummi, Kleber und Schaumstoff gelöst werden. Die Wirbelstrom-Einwirkzeit beträgt nur wenige Sekunden. Daher kann das Entschichtungsgut an den

relevanten Stellen entschichtet und sofort wieder eingesetzt werden.

Es ist die Entschichtung des gesamten Werkstücks oder nur von Teilbereichen denkbar. Wie bei dem kryogenen Verfahren und dem Wasserhochdruck-Verfahren wird keine Chemie benötigt und es entsteht kein Sondermüll. Die abgesprengten Lackreste können auf der Mülldeponie entsorgt werden. Die Teile sind nach dem Entschichten trocken.

**Nachteile:** Bislang gibt es nur wenige industrielle Anwendungen. Der Einsatz beschränkt sich auf elektrisch leitfähiges Entschichtungsgut – möglichst einfache Teile, die nicht tief strukturiert sind. Eine Nachbehandlung der Teile, zum Beispiel durch Bürsten, ist erforderlich.

## Die chemischen Entschichtungsverfahren

### Spritzanlagen

Spritzwaschanlagen sind geschlossene Systeme, bei denen eine zirka 80 °C heiße Reinigungslösung auf die zu reinigenden Teile gespritzt wird. Neben der chemischen Entschichtung wirkt zusätzlich die Reinigungskraft des Spritzstrahles. Warenkorb und Düsen führen dabei Eigenbewegungen aus. Die Lösung kann so den abzureinigenden Lack erreichen, eindringen und herunterspülen. Im nachfolgenden Klarspülgang werden Lack- und Reinigungsreste abgespült. Die Mindest-Entschichtungsdauer beträgt zirka 30 Minuten.

**Vorteile:** Dank der Eigenbewegung von Warenkorb und Düsen wird das Entschichtungsgut von der Reinigungslösung gut erreicht. Für den nächsten Reinigungszyklus wird die Lösung nachgeschärft und wiederverwendet, so dass die Anlage abwasserarm betrieben werden kann. Ein Feststoffsieb hält die abgespülten Lackpartikel zurück. Zudem ist das Entschichtungsmedium hochsiedend.

Bei den Verarbeitungstemperaturen entsteht keine behandlungsbedürftige Abluft. Auch Wasserdampfschwaden entweichen nicht, da das System geschlossen und mit Kondensator aus-

gestattet ist. Eine Nachbehandlung der Teile durch Strahlen ist nicht erforderlich.

*Nachteile:* Die Anlagengröße begrenzt die Auswahl der zu entschichtenden Teile. Werkstücke mit großen Lack-schichtdicken verursachen hohe Betriebskosten, „da sich die Chemie am Lack verbraucht“. Auch hier gilt, dass die behandelten Teile nachfolgend getrocknet oder auch mit Korrosionsschutz versehen werden müssen.

## Die physikalischen Entschichtungsverfahren

### Kryogenes Entschichten

Bei den kryogenen Verfahren wird die zu entschichtende Schicht tiefgefroren, ehe sie mit Hilfe von Strahlmitteln von der Oberfläche entfernt wird. Durch das Tiefgefrieren verliert die Beschichtung ihre Elastizität, wird spröde und damit abstrahlbar. Das Entschichtungsgut kann mit flüssigem Stickstoff mit einer Temperatur von etwa  $-195^{\circ}\text{C}$  gefroren und nachfolgend abgestrahlt werden. Oder die Entschichtung erfolgt mit Trockeneis.

Unter Trockeneis versteht man Kohlendioxid in festem Zustand, das unter Umgebungsbedingungen bei  $-78,5^{\circ}\text{C}$  als weiße, eisähnliche Substanz vorliegt. Hier wird das Gefrieren und Ablösen in einem Arbeitsgang ausgeführt. Als Granulat werden die  $\text{CO}_2$ -Pellets in Isolierbehältern angeliefert und vor Ort in die Strahlanlage gefüllt. Sie werden in der Pistole der Strahlanlage nach dem Venturi-Prinzip auf ungefähr 300 m/s beschleunigt und auf die zu reinigende Oberfläche geschossen. Dabei wird der anhaftende Belag durch das Auftreffen der Pellets gefroren.

Durch unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten von Belag und Untergrund kommt es zwischen diesen zu thermischen Spannungen. Der Belag wird brüchig und spröde. Beim Auftreffen sublimieren die  $\text{CO}_2$ -Pellets unter einer rund 700fachen Volumenzunahme zu  $\text{CO}_2$ . Dieser explosionsähnliche Effekt bewirkt das vollständige Ablösen des Belages. Zu entsorgen bleibt der abgelöste Lack. Das

gasförmige  $\text{CO}_2$  entweicht in die Atmosphäre.

*Vorteile:* Beide Verfahren setzen keine umweltgefährdenden Stoffe frei. Die Beschichtungsreste sind gut zu entfernen, da sie nicht chemisch angelöst, sondern lediglich ausgehärtet sind. Das prädestiniert die kryogenen Verfahren zur direkten Entschichtung in der Anlage – ohne Demontage von Anlagenkomponenten.

*Nachteile:* Bei der Bedienung ist Vorsicht geboten: Zum einen besteht die Gefahr von Erfrierungen bei unsachgemäßer Handhabung, zum anderen muss auf abplatzende Lackteile geachtet werden und ein Gehörschutz ist ebenfalls unbedingt erforderlich.

### Wasserhochdruck

Ein Hochdruckwasserstrahlssystem zum Entschichten arbeitet mit einem Druck von rund 2500 bar. Der Wasserstrahl durchbohrt dabei beim Aufprall Lackrückstände, sprengt sie ab und zerkleinert sie. Dieses Verfahren ist besonders für schwere Werkstücke geeignet.

*Vorteile:* Es werden keine umweltgefährdenden Inhaltsstoffe freigesetzt. Eine Nachbehandlung der Teile durch Strahlen ist nicht erforderlich.

*Nachteile:* Neben den abgesprengten Lackpartikeln muss zusätzlich das Wasser entsorgt werden, das vor der Einleitung in den Kanal – beispielsweise durch einen Filter mit einer Porengröße von  $80\ \mu\text{m}$  – aufbereitet werden muss. Der Wasserdurchsatz durch die Wasserstrahldüsen ist hoch. Sie werden mit Frischwasser betrieben, da die Hochdruckpumpen schon gegenüber kleinsten Partikeln empfindlich reagieren. Die entschichteten Teile müssen nachfolgend getrocknet oder auch mit Korrosionsschutz versehen werden. Die gängigen Hochdruckstrahl-systeme arbeiten mit starren Düsen. Von daher können Toträume bleiben.

### Richtiges Verfahren für die eigene Entschichtungs-aufgabe finden

Im Folgenden werden die Anwendungsmöglichkeiten der Verfahren

beschrieben, die bei der Entschichtung von Lackiergestellen, Lackiergehägen und Gitterrosten eingesetzt werden können.

### Wasserhochdruckverfahren

Das Wasserhochdruckverfahren eignet sich für Gitterroste, aber auch zum Entlacken von aufwändigeren Geometrien wie zum Beispiel Lackiergestellen. Im einfachsten Fall handelt es sich hier um ein manuelles System mit einer Hochdruckdüse an einer Lanze. Bei festen Konturen ist auch ein starres Düsensystem möglich. Die Wasserhochdruckentschichtung in Kombination mit einem Roboter ist sehr flexibel. Damit ist die Entschichtung von aufwändigeren Geometrien möglich. Einzelne kleinere Lackiergehänge müssen hierbei jedoch auch einzeln fixiert werden.

Das eigentliche Herzstück einer automatisierten Wasserhochdruckentschichtung von Lackiergestellen ist die Hochdruckdüse am Arm eines Roboters, der die Kontur des Lackiergestells abfährt. Das Hochdruckgerät stellt hierbei zirka 2500 bar bei einer Arbeitsleistung von 110 kW zur Verfügung. Als Peripherie werden benötigt: eine Aus- und eine Einschleusstelle für die Lackiergestelle sowie eine separate Entschichtungskabine, die mit Schallschutz-toren ausgestattet ist. Im Kanal für die Kabinenabluft befindet sich ein Tropfenabscheider. Die Kabine ist in zwei Zonen unterteilt: die Hochdruckzone und die Blaszone zum Trocknen.

Das Frischwasser für die Hochdruckpumpe wird zuvor von einem Polzeifilter mit einer Porenweite von  $1\ \mu\text{m}$  gefiltert. Das Abwasser wird mit einem Bandfilter einer Porengröße von  $80\ \mu\text{m}$  einleitfähig gemacht. Nach Herstellerangaben könnte das Abwasser auch auf  $5\ \mu\text{m}$  „heruntergefiltert“ und als Kreislaufwasser verwendet werden. Diese Frisch- und Abwasser-Einsparung geht jedoch auf Kosten der Standzeiten der Dichtungen und somit der Pumpe. Als weitere Komponente wird eine Badkühlung benötigt, da sich die Pumpen aufgrund der hohen Drücke aufheizen. Diese Wasserhochdruckanlage kann vollautomatisch gefahren werden.

### Chemische Spritzanlagen

Chemische Spritzanlagen sind prinzipiell für Lackiergestelle, Lackiergehänge und Gitterroste zur Entschichtung geeignet. Eine Grenze der Einsatzmöglichkeiten stellen hier jedoch die Abmessungen der Teile und die Dicke des Lackauftrages dar. Bei den Gitterrosten beispielsweise begrenzt die Lackschichtdicke den Einsatz der Spritzentschichtung, da der Chemieverbrauch mit der Schichtdicke proportional verläuft.

Die Spritzmodule arbeiten nach dem Spritz-Umwälzverfahren. Eine Pumpe fördert das Entschichtungsmittel beziehungsweise das Nachspülmittel aus einem integrierten Vorratstank – je nach Anlagengröße bis zu 850 Liter Inhalt – zu den Düsenstöcken. Für die Kreislaufführung des Entschichtungsmediums ist ein Feststoffsieb eingebaut. Verdunstungsverluste werden von einer Füllstandskontrolle registriert und automatisch ausgeglichen. Hierfür kann in Kaskadenfahrweise auch Nachspülwasser verwendet werden.

Durch die Anwendung bei erhöhter Temperatur entstehen Dampfschwaden, die über einen integrierten Schwadenkondensator mit geschlossenem Kühlwasserkreislauf geleitet werden. Eine Abluftableitung ist nicht erforderlich. Die Anforderungen an den Aufstellort reduzieren sich damit auf einen ebenen Fußboden, eine Auffangwanne, ausreichende Hallenhöhe und Stromanschluss. Die Beschickung und Entleerung der Anlage erfolgt bislang noch manuell. Der eigentliche Reinigungszyklus kann automatisch gefahren werden.

### Wirbelstrom-Entschichtung

Lackiergestelle, Lackiergehänge und Gitterroste sind aus Stahl und somit elektrisch leitfähig. Damit ist die entscheidende Eingangsbedingung für die Wirbelstromentschichtung erfüllt. Bisher ist in der Praxis die Entschichtung mit Wirbelstrom für Lackiergehänge im Einsatz. In Planung befindet sich eine partielle Entschichtung von Lackiergestellen und eine für Gitterroste.

Bei den Lackiergestellen sollen nur die Kufen und die Aufnahmedorne

entschichtet werden, um den kompletten Entschichtungszyklus hinauszuzögern. Bei jedem Umlauf rollen die Gestelle deshalb durch die integrierte Entschichtungsstation, den so genannte Decoater. Dieses Verfahren ist besonders für eine Teil-Entschichtung geeignet, bei der sich die Nachbehandlung durch Bürsten einfach gestaltet. Der Decoater erzeugt unter der Lackschicht einen Wirbelstrom. Dabei entsteht Wärme, die eine kleine Lackmenge im direkten Kontaktbereich zum Metall verdampft. Dafür benötigt der Decoater eine Energieversorgung von zirka 10 kW Leistung bei 100% Einschaltedauer.

Entstehende Dämpfe werden abgesaugt und einer mehrstufigen Luftfiltration zugeführt. Die Absaugung liefert zugleich die Luft, die für die Kühlung des Decoaters und die Kühlung der Energieversorgung notwendig ist. Frisch- und Abluftkanäle sind nicht erforderlich, ebenso wenig wie ein Wasseranschluss oder eine Abwasserentsorgung. Durch die Erwärmung bricht die Haftung des Lackes. Der restliche Lack muss mechanisch, zum Beispiel durch Bürsten, entfernt werden.

### Inline-Entschichtung

Zu jedem der beschriebenen Verfahren gibt es verschiedene Ausführungsvarianten, die von einfachen, manuellen Anlagen bis zu automatischen Anlagen reichen. Für die Inline-Entschichtung sind vor allem automatische Anlagen von Interesse. Nachfolgend werden Beispiele beschrieben, wie diese ausgeführt sein können.

### Wasserhochdruck-Entschichtung für Skids

Bei der Wasserhochdruck-Entschichtung werden die Lackiergestelle automatisch aus- und nach dem Entschichten wieder eingeschleust. Sie passieren dabei eine Entschichtungskabine, die mit Schallschutztoren verschlossen wird. In der Kabine fahren Roboter die Lackiergestellkontur mit den am Roboterarm montierten Hochdruckdüsen ab. Der eigentlichen

Hochdruckzone schließt sich eine Blaszone und ein Trockner an.

### Chemische Spritzentschichtung

Die chemische Spritzentschichtung erfolgt in geschlossenen Modulen. Für den Entschichtungs- und Nachspülgang kann je ein eigener Spritzautomat vorgesehen werden. So wird vermieden, dass sich beim Entschichten die beiden Flüssigkeiten – Reinigungslösung und Spülmedium – vermischen.

Ein Stapler hebt die Warenträger auf den Beschickungswagen, der in die Anlage einfährt. Das Hubtor wird geschlossen. Ein umlaufender Düsenrahmen oszilliert zur Reinigung am Warenträger entlang. Nachfolgend kann der Korb mit dem mobilen Fahrwagen in die Nachspülzone fahren.

### Wirbelstrom-Entschichtung

Das Wirbelstromverfahren wurde bislang nur im halbautomatischen Betrieb für Lackiergehänge realisiert. Ein Mitarbeiter am Hängeförderer entscheidet, ob das Lackiergehänge entschichtet werden muss. Er entnimmt das Lackiergehänge und klemmt es in eine Aufnahme des Entschichtungsautomaten. Darin wird der Haken zirka vier Sekunden mit Wirbelstrom beaufschlagt. Dabei wird eine Temperatur von 220 °C an der Oberfläche erreicht, so dass der Lack weich wird und abplatzt. In der nachfolgenden Station werden die entlackten Stellen abgebürstet. Das Lackiergehänge taktet weiter und wird in einer Kiste abgelegt. Aus dieser Kiste entnimmt der Mitarbeiter bei Bedarf wieder den sauberen Haken. ■

Die Autoren: Dipl.-Ing. Bülent Hanli,  
Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Bunne,  
Dipl.-Biologin Petra Kauer,  
Ingenieurbüro Hanli, Hannover,  
Tel. 05 11/2 71 55 88, [www.hanli.de](http://www.hanli.de)