

Vergleichende Analyse von Edelstahl rostfrei und plattiertem/ beschichtetem Kohlenstoffstahl

Korrosion und Auswahl des Materials von Befestigungselementen

von Michael J. Pasko, Anwendungsingenieur
SPIROL International Corporation

Der Zweck dieses technischen Papiers ist es, die Korrosion im Allgemeinen zu behandeln und nicht um eine umfassende Referenz in Bezug auf alle Arten von Korrosion oder eine detaillierte Analyse der Stärken und Schwächen von bestimmten Legierungen zur Verfügung zu stellen. Die Korrosion von Edelstahl rostfrei und Kohlenstoffstahl ist sehr unterschiedlich. Dieses "Technische Papier" gibt Informationen über einen allgemeinen Korrosionsangriff oder Oberflächenkorrosion, da dieses oft eine Hauptüberlegung bei der Auswahl des Materials von Befestigungselementen ist.

Kohlenstoffstahl und Edelstahl rostfrei sind die gebräuchlichsten Materialien, aus denen Verbindungselemente hergestellt werden, und jeder ist in Hunderten von Legierungen oder Güten mit einer Vielzahl von Eigenschaften erhältlich. Die Anschaffungskosten eines Bauteils aus Edelstahl sind im Allgemeinen höher als die bei Kohlenstoffstahl, jedoch trifft dies nicht immer zu. Zum Beispiel ist das Material bei einem Spiralspannstift "Leichte Ausführung" aus Edelstahl rostfrei nur ein kleinerer Bestandteil des Preises gegenüber einem Vollstift aus Kohlenstoffstahl mit gleichem Durchmesser und Länge. Demzufolge kann der rostfreie Spiralspannstift zu gleichen oder geringeren Kosten erhältlich sein als der aus Kohlenstoffstahl gefertigte Vollstift. Darüber hinaus erhöhen sekundäre Prozesse wie Wärmebehandlung oder Galvanisierung häufig die Kosten für Teile aus Kohlenstoffstahl, die bei rostfreiem Edelstahl nicht anfallen. Die Kosten sind bedeutungslos ohne Rücksicht auf den Wert des Bauteils. Zum Beispiel kann der Hersteller eines hochwertigen Gartengrills Verbindungselemente aus rostfreiem Edelstahl wählen, die der Korrosion viel länger standhalten als die zu erwartende Lebensdauer des Produkts. Mit dieser Auswahl würde man die Zuverlässigkeit des Produkts, das optische Erscheinungsbild und eine lange Lebensdauer unter Beweis stellen. Der "Wert" eines Verbindungselementes, das maximale Qualität bietet, kann die damit verbundenen Kostensteigerungen ausgleichen. Der gleiche Hersteller kann unter einer Discountmarke auftreten, wenn der Endverbraucher mehr Wert auf den Preis als auf Qualität legt. Beides sind gute Gründe, ein beschichtetes Material zu wählen, obwohl bei der Wahl des rostfreien Edelstahls der Kunde dazu aufgefordert wird, den Wert der Ware ebenso zu berücksichtigen wie die Kosten. Konstrukteure müssen bei der Auswahl des geeigneten Befestigungsmaterials Kosten, Nutzen und Risiko gegeneinander abwägen.

SPIROL SPIROL fertigt Spiralspannstifte, geschlitzte Spannhülsen, Zylinderstifte, Gewindeeinsätze, Hülsen und Buchsen, maschinell gefertigte Muttern, Compression Limiter, Passscheiben, laminierte Zwischenlagen und Tellerfedern, um eine Vielzahl von Industrien

rund um den Globus zu bedienen. Obwohl SPIROL Teile aus unterschiedlichen Materialien herstellt, sowohl aus Eisen- als auch aus Nichteisenmetallen, beschränkt sich dieses technische Papier auf Eisenmetallprodukte und hier insbesondere auf Edelstahl rostfrei und Kohlenstoffstahl. SPIROL's Produkte aus Eisen werden aus vier primären Standardwerkstoffgruppen hergestellt:

- kohlenstoffarmer Stahl
- kohlenstoffreicher Stahl und legierter Stahl
- Martensitischer Chrom-Edelstahl (AISI 410 & 420, Material-Nr. 1.4516, 1.4021 / DIN EN 10088-2)
- Austenitischer Nickel-Edelstahl (AISI 302, 304, 305 oder Material-Nr. 1.4319, 1.4301, 1.4303 / DIN EN 10088-2)

Obwohl Kohlenstoffstahl und Edelstahl rostfrei beides Eisenmetalle sind, was bedeutet, dass sie Eisen enthalten, ist ihre Reaktion auf einen korrosiven Angriff sehr unterschiedlich. Edelstahl rostfrei muss gemäß Definition mindestens 10,5% Chrom enthalten. Dieses Legierungselement erzeugt an der Oberfläche, wenn es Sauerstoff ausgesetzt wird, eine Schicht aus Chromoxid, die schnell aufhört zu wachsen und somit "passiv" wird. Diese passive Schicht ist kontinuierlich, gleichmäßig in der Dicke, unlöslich und nicht porös. Die Passivschicht verhindert den Kontakt zwischen Sauerstoff in der Umgebung und dem Grundwerkstoff und behebt von selbst Schäden durch verkratzte Oberflächen oder Abrieb von Oberflächen, solange Sauerstoff verfügbar ist. Die Passivschicht hat nur eine Dicke von 10 bis 100 Atome und somit keine dimensionale Auswirkung auf Bauteile. Obwohl Edelstahl rostfrei korrodieren kann wenn er bestimmten Chemikalien unter bestimmten Bedingungen ausgesetzt wird, wird er nicht durch einen gleichmäßigen oder allgemeinen Korrosionsangriff rosten, wie dies bei Kohlenstoffstahl der Fall ist. Chrom ist als Legierungselement Teil einer homogenen Mischung und gilt als sicher, da es nicht ohne weiteres aus der Legierung freigesetzt werden kann. Eine abschließende Anmerkung bezüglich Edelstahl rostfrei ist die relative Einfachheit, mit der er aufbereitet wird. Edelstahl ist zu 100 % recycelbar und Branchenanalysten schätzen, dass 80-90% der ausgerichteten Edelstähle dem Recycling zugeführt werden.



Abbildung 1. Die verrostete Kette zeigt Materialverluste durch Rost oder allgemeine Angriffe.

Rost tritt bei Eisen und Eisenlegierungen wie Stahl auf. Rost ist eine Schicht aus Eisenoxid, die an der Oberfläche eines Bauteils entsteht, wenn es in Gegenwart von Feuchtigkeit Sauerstoff ausgesetzt wird. Diese Schicht aus Eisenoxid bleibt aktiv und wandelt fortwährend Eisen in Eisenoxid um, da die äußeren Schichten ihre Integrität verlieren und abfallen, wodurch neues Metall freigesetzt wird (siehe Abbildung 1).

Eisenoxid ist auch porös, so dass es Feuchtigkeit und Elemente die zur Korrosion beitragen aufnehmen kann, wodurch sich die Dauer der aktiven Korrosion mit jeder Aufnahme verlängert. Um die Bildung von Eisenoxid oder Rost zu verhindern, ist es notwendig, die Aufnahme von Sauerstoff und Feuchtigkeit zu vermeiden. Aus diesen Gründen kann festgestellt werden, dass Kraftfahrzeuge, die in trockenen Klimazonen betrieben werden, weitaus weniger Korrosion oder Rost aufweisen als gleiche Kraftfahrzeuge, die in feuchter Umgebung betrieben werden. In kalten, feuchten Umgebungen, in denen man Streumittel auf Fahrbahnen einsetzt, wird die Angriffsgeschwindigkeit und -schärfe der Korrosion zusätzlich erhöht.

Verbindungselemente aus Kohlenstoffstahl sind im Allgemeinen kostengünstiger als aus Edelstahl rostfrei, zudem stehen Oberflächenbeschichtungen zur Verfügung, die eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit bieten. Es ist zu beachten, dass diese Beschichtungen zu einem dimensional Wachstum beitragen, das bei der Konstruktion berücksichtigt werden muss. Kohlenstoffstahl kann durch Lackieren, Plattieren oder Beschichten vor Korrosion geschützt werden. Lackieren ist im Allgemeinen nicht für Verbindungselemente geeignet, da dieses eher in einem Gestell als in einem Massenprozess durchzuführen ist und daher nicht kosteneffizient ist. Die vorherrschenden Verfahren zur Konservierung von Kohlenstoffstahl sind das Galvanisieren und Plattieren, obwohl einige dieser Verfahren aufgrund ihrer Umweltbelastungen in Ungnade gefallen sind. Beispiele für Oberflächen die als gefährlich eingestuft werden, sind Cadmium und sechswertige Chromate. In den letzten zehn Jahren wurden Massenbeschichtungen und Plattierungen entwickelt, die eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit bei niedrigen Kosten bieten und gleichzeitig die geltenden Umweltvorschriften erfüllen. Trotz dieser Fortschritte bleibt die Rostanfälligkeit des Basismetalls eine Achillesferse. Die überwiegende Mehrheit der Plattierungen und Beschichtungen sind opferbereit, was bedeutet, dass sie nur Schutz bieten, bis sie aufgebraucht sind. Sobald unedles Metall freigelegt ist, wird es rosten. Einige Beispiele für verfügbare Oberflächen und Beschichtungen sind, ohne darauf beschränkt zu sein:

- Zinkphosphat-Konversions-Beschichtung - typischerweise mit anschließendem Auftragen von Öl oder anderen Rostschutzmitteln. Die sekundäre Anwendung des Rostschutzes bestimmt die Korrosionsbeständigkeit und diese reicht von minimal bis wettbewerbsfähig mit Plattierungen und anderen Beschichtungen.
- Mechanische-Zink-Beschichtung - minimales Risiko einer Wasserstoffversprödung ist der Hauptvorteil dieser Oberflächenbehandlung. Die Beschichtung kann dicker sein als die galvanische und ist nicht so glatt. Häufig mit sekundärer Chromatierung und/oder Versiegelung versehen, um die Leistung zu verbessern.
- Zink-Beschichtung - typischerweise mit dreiwertiger Chromatierung und oft mit einer abschließenden Versiegelung versehen. Diese Oberflächenbehandlungen bergen die Gefahr der Wasserstoffversprödung bei hochfesten Stählen, obwohl die Teile typischerweise getempert werden, um dieses potenzielle Problem zu beseitigen.
- Zink-Nickel-Beschichtung - höhere Korrosionsbeständigkeit als herkömmliche Zink-Galvanik. Wie bei der Standardverzinkung ist auch bei diesem Verfahren das Tempern von hochfestem Stahl erforderlich, um die Gefahr der Wasserstoffversprödung zu verringern.
- Aluminium-Zink-Lamellenbeschichtungen - Dip-Spin-Verfahren mit sehr hoher Korrosionsbeständigkeit ohne Gefahr einer Wasserstoffversprödung.

die Reaktion eines Materials oder einer Oberfläche auf korrosive Angriffe bewertet werden kann. Theoretisch ist damit auch die Möglichkeit gegeben, Lebensdauertests in einem realistischen Zeitraum zu verdichten. So ist es beispielsweise für den Hersteller eines Außentürgriffs für ein Fahrzeug nicht praktikabel, diesen 15 Jahre im Freien zu belassen, um festzustellen, ob eine Garantie von 15-Jahren gegeben werden kann. Es ist zweckmäßiger, den Außentürgriff für einen kurzen Zeitraum in eine Salzsprühkammer zu legen, um die Auswirkungen von 15 Jahren Korrosionsangriff nachzuvollziehen. Es ist wichtig zu verstehen, dass solche Vergleiche grob und ungenau sein können, obwohl diese Testmethode eine der wenigen verfügbaren Methoden darstellt. Es gibt keine genaue Korrelation zwischen den realen Bedingungen und der Zeit, die in einer Salzsprühkammer verbracht wird. Wenn der Hersteller des Außentürgriffs sich mit einem Produkt beschäftigt, dass in Küstengebieten verwendet werden soll, so ist es wichtig zu berücksichtigen, dass eine mögliche Gefährdung nur zeitweilig auftritt. Es kann Zeiträume von Monaten geben ohne Stürme, trockenem Wetter und wenig, wenn überhaupt, korrosiven Elementen. Kurz gesagt, Salzsprühnebeltests sind extrem in Bezug auf den vorgesehenen Verwendungszweck vieler Verbindungselemente/Komponenten. Die Dauer der Tests wird beliebig festgelegt, basierend auf der Einschätzung des Konstrukteurs hinsichtlich der Korrelation mit den tatsächlichen Bedingungen. Auch wenn viele Hersteller jetzt Salzsprühnebeltests für Edelstahlprodukte vorschreiben, ist dieser in erster Linie für Teile aus Kohlenstoffstahl bestimmt. Edelstahl wird in der Regel in einer salzfreien Klimakammer geprüft. In Fällen, in denen die Einwirkung von Chloriden von größter Bedeutung ist, ist die Salzsprühnebelprüfung auch eine geeignete Prüfmethode für Edelstahl.

Die Anforderungen an den Salzsprühnebeltest bestehen in der Regel aus zwei einfachen Kriterien, der Anzahl der Stunden, die für die Bildung von Weißrost erforderlich sind und der Anzahl der Stunden, die für den Beginn des Angriffs auf Rotrost (Grundmetallkorrosion) erforderlich sind. Der Salzgehalt, die Temperatur und die Zeit werden sorgfältig kontrolliert. Die meisten Beschichtungen und Plattierungen basieren auf einer Nichteisenmetallschicht, die auf das Grundmetall aufgetragen wird, gefolgt von einer Chromatierung und je nach Leistungsanforderungen einer organischen oder anorganischen Versiegelung. Wenn diese Beschichtungen versagen, tun sie dies entgegen der Reihenfolge, in der sie aufgetragen wurden. Sobald die korrosive Umgebung die äußeren Versiegelungs- und Chromatschichten durchbricht, beginnt sie, das darunter liegende Nichteisenmetall anzugreifen. Nichteisenmetalle wie Zink, Nickel, Aluminium und Magnesium enthalten kein Eisen und werden auch keinen „Rotrost“ verursachen. Rotrost wird erst sichtbar, wenn das Opfermetall aufgebraucht ist (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Dieser Spiralspannstift wurde mit einer leichten Verzinkung und anschließender Chromatierung versehen. Diese Beschichtung wurde eingestuft mit einer Korrosionsbeständigkeit von 48 Stunden gegen Rotrost. Wenn man diesen Spiralspannstift 200 Stunden im Salzsprühnebeltest belässt, führt das zu einem erheblichen Rotrost, obwohl noch etwas Zink und Weißrost vorhanden ist. Wenn Zink auf der Oberfläche vorhanden ist, bleibt das Produkt trotz der Schwere des Angriffs in angrenzenden Bereichen frei von Rotrost.

Die am weitesten verbreitete Methode der Korrosionsprüfung ist der Salzsprühnebeltest. Die Aufgabe des Salzsprühnebeltests ist es, eine wiederholbare Methode zur Verfügung zu haben, mit der

Ein Problem sowohl bei der galvanischen als auch bei der mechanischen Beschichtung ist die Schwierigkeit der Beschichtung in tiefen Löchern und markanten Spalten. Dies ist für viele der von SPIROL hergestellten Produkte wie zum Beispiel Spiralspannstifte, geschlitzte Spannhülsen sowie Hülsen und Buchsen von Bedeutung. Keines der Verfahren ist in der Lage, eine korrekte Abscheidung im Inneren der vorgenannten Produkte zu erreichen (siehe Abbildungen 3 und 4). Obwohl der Prozess des Auftragens dieser Oberflächen im Inneren Chromat und Versiegelung abscheiden kann, ist es nicht möglich, eine 100%ige Beschichtung mit dem Nichteisenmetall (in diesem Fall Zink) zu erreichen, was die wichtigste Komponente der Oberflächenbehandlung ist. Im Gegensatz zu mechanischen und galvanischen Beschichtungen sind Beschichtungen, die als Flüssigkeit aufgetragen werden in der Lage, das Innere eines Bauteils zu bedecken, obwohl, wie bereits erwähnt, Spiralspannstifte eine einzigartige Herausforderung darstellen, da es unwahrscheinlich ist, dass der Raum zwischen den Wicklungen eine wesentliche Bedeckung erhält. Auch wenn dies ein erhebliches Problem zu sein scheint, ist es wichtig zu verstehen, dass es viele Formen von Korrosion gibt, und in Bezug auf Befestigungselemente ist die Korrosion an diesen



Abbildung 3: Dieses Foto zeigt die Grundgeometrie eines Spiralspannstifts, sie besteht aus einer Reihe von Metallwicklungen. Zwischen den Wicklungen dringt keine Beschichtung ein. Tauchlacke können zwar den Innenbereich abdecken, bleiben aber zwischen den Wicklungen des Spiralspannstifts unwirksam.

Stellen oft von geringer Bedeutung. Hunderte Milliarden von beschichteten Verbindungselementen wurden im Laufe der Jahre trotz dieser Probleme erfolgreich eingesetzt. Wenn ein Verbindungselement vollständig in ein Trägermaterial eingebaut ist, kann es weitgehend vor Korrosionsangriffen geschützt werden. Ein gutes Beispiel hierfür wäre ein Compression Limiter, der zwischen zwei Komponenten eingebaut ist, durch eine Dichtungsscheibe geschützt und mit einer Flanschschraube verschlossen ist. In Bezug auf die galvanische Korrosion muss die Oberflächenbeschichtung nicht gleichmäßig sein, um einen Schutz zu bieten, da es opfernd aufgebracht wird, um das Grundmetall zu schützen, solange Strom von einem zum anderen fließen kann. Zum Beispiel kann ein Bootsrumpf aus Stahl durch Verschrauben von Opferzinkanoden an strategischen Stellen geschützt werden. Es ist nicht notwendig, den gesamten Bootsrumpf galvanisch zu verzinken oder mit Zinkblech zu verkleiden. Ebenso schützt eine auf dem Außendurchmesser eines Spiralspannstifts aufgetragene Zinkschicht das Innere des Stifts, wenn galvanische Korrosion der Auslöser des Korrosionsangriffs ist.

Der Vorteil von Edelstahl rostfrei ist seine Fähigkeit, Korrosion ohne Hilfe von einem Oberflächenschutz zu widerstehen. Die Korrosionsbeständigkeit wird durch Chrom gewährleistet, das sich in der gesamten Legierung verteilt. Edelstahl rostfrei kann korrodieren und versagen, obwohl er aufgrund von allgemeinem Angriff oder Oberflächenkorrosion nicht rostet. Lochfraß ist die häufigste Art der Korrosion bei Edelstahl. Dieser kann auftreten, wenn Umweltfaktoren, mechanischer Verschleiß oder Kratzer die Passivschicht unter Bedingungen zerstört, bei denen sie sich nicht spontan zurückbilden und ein lokaler Angriff auftreten kann. Im Salzsprühnebeltest kann sich auf der Oberfläche eines Teils ein Wassertropfen bilden. Dieser kann sich dann mit Chlorid anreichern, das stark korrosiv ist. Eine andere Angriffsform, die sich in der Regel über eine größere Fläche erstreckt, ist die Kontaktkorrosion. Diese Form des Angriffs kann auftreten, wenn es scharfe Innenecken gibt oder wenn Komponenten sich so berühren, dass sie potenzielle Bereiche für eine Flüssigkeitsablagerung schaffen. Gute Konstruktionspraktiken können die Kontaktkorrosion minimieren, obwohl sie in vielen Fällen der beabsichtigten Funktion einer Anwendung eigen ist. Man kann die Beständigkeit gegen Korrosion verbessern, indem man andere Edelstahllegierungen einsetzt. Gängige Methoden zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit sind die Zugabe von Molybdän oder höhere Anreicherung mit Chrom und/oder Nickel. Eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit verursacht in der Regel Mehrkosten und sollte daher nur im Bedarfsfall angestrebt werden.

Abbildung 4: Um den Korrosionsangriff zwischen den Wicklungen des Spiralspannstifts aus Stahl zu demonstrieren, wurde nachdem der in Abbildung 3 gezeigte Spiralspannstift getrennt wurde, das unten stehende Foto aufgenommen.



Von den beiden von SPIROL angebotenen Edelstählen bietet der austenitische (nickelhaltig) Edelstahl die beste Korrosionsbeständigkeit, während martensitische (chromhaltig) Edelstähle leichter angegriffen werden können. Nickel-Edelstahl hat zwei Vorteile: 1. Der Chromgehalt wird von 12% auf 18% erhöht 2. Um die Widerstandsfähigkeit gegen Angriffe von Mineralsäuren zu erhöhen, wird 8% Nickel hinzugefügt. Die Verbindung von Chrom und Nickel im richtigen Verhältnis ermöglicht die Bildung eines austenitischen Gefüges. Martensitischer Chrom-Edelstahl kann weniger korrosionsbeständig sein, er kann jedoch wärmebehandelt werden, um eine höhere Festigkeit zu erreichen und die daraus resultierende niedrige Kaltverfestigung bietet eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Ermüden.

Um den Unterschied zwischen Edelstahl rostfrei und beschichtetem Kohlenstoffstahl zu demonstrieren, wurden aus jedem Material je zwei massive Stifte mit identischer Geometrie hergestellt. Der Stift aus rostfreiem Edelstahl wurde passiviert, während der Stift aus kohlenstoffarmem Stahl mit einem Zinklamellenprodukt beschichtet wurde (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Stifte vor dem Test: Die oberen beiden sind aus kohlenstoffarmem Stahl, der mit Zinklamellen beschichtet ist, die unteren beiden sind gefertigt aus austenitischem Edelstahl AISI 305

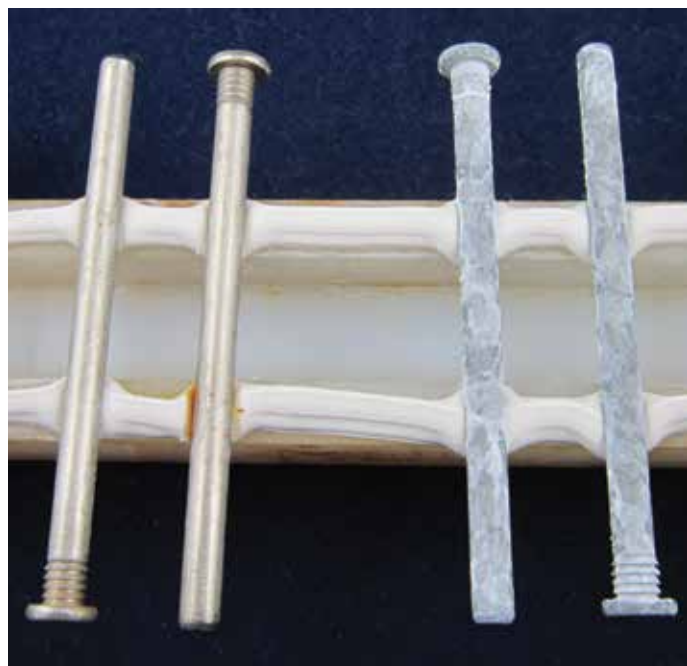


Abbildung 6: Nach dem Test bleiben die aus AISI 305 gefertigten Stifte unverändert (links), während die beschichteten Stifte (rechts) eine signifikante Weißrost aufweisen.

Nach 720 Stunden zeigte das beschichtete Teil ein zufriedenstellendes Ergebnis, obwohl Weißrost leicht erkennbar ist. Sobald das Zink verbraucht ist, beginnt das Grundmetall zu rosten. Im Gegensatz dazu erscheinen die austenitischen Edelstahlstifte nahezu unverändert (siehe Abbildung 6). Ein ordnungsgemäß passivierter Spiralspannstift der Serie 300 kann bis zu 2.500 Stunden Schutz im Salzsprühnebeltest erzielen.

Wie bereits erwähnt, ist martensitischer Edelstahl weniger korrosionsbeständig als austenitischer Edelstahl und wird aus diesem Grund in der Regel nicht im Salzsprühnebel getestet. Martensitischer Edelstahl AISI 410 & 420 bietet gute Korrosionsbeständigkeit in normaler Atmosphäre, Süßwasser, Körperflüssigkeiten und gastronomischen Umgebungen sowie gegenüber milden oxidierenden Säuren wie Chrom- und Salpetersäure. Die folgenden martensitischen Edelstahlstifte wurden in Salzsprühnebel gelegt und über einen Zeitraum von 300 Stunden beobachtet. Nach 48 Stunden zeigte sich eine Verfärbung, wobei sich kleinere Vertiefungen zu bilden begannen. Nach 300 Stunden war die Lochfraßbildung schwerwiegend und in den nachfolgenden Fotos leicht zu erkennen (siehe Abbildungen 7, 8, 9 und 10).



Abbildung 7: Lochfraß mit entsprechender Fleckenbildung auf einer geschlitzten Spannhülse aus Edelstahl AISI 420

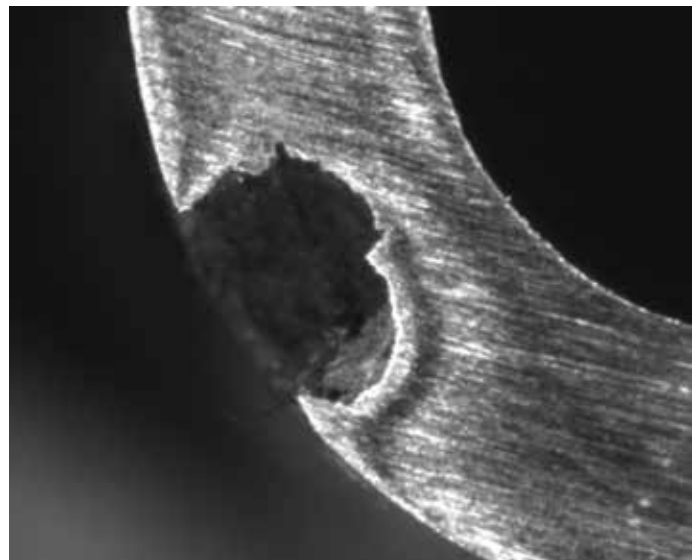


Abbildung 8: Querschnitt der Vertiefung in Abbildung 7 zeigt die Auswirkung auf die Querschnittsfläche und den daraus resultierenden Festigkeitsabfall.



Abbildung 9: Lochfraß mit entsprechender Verfärbung auf einem aus Edelstahl AISI 410 gefertigten Vollstift

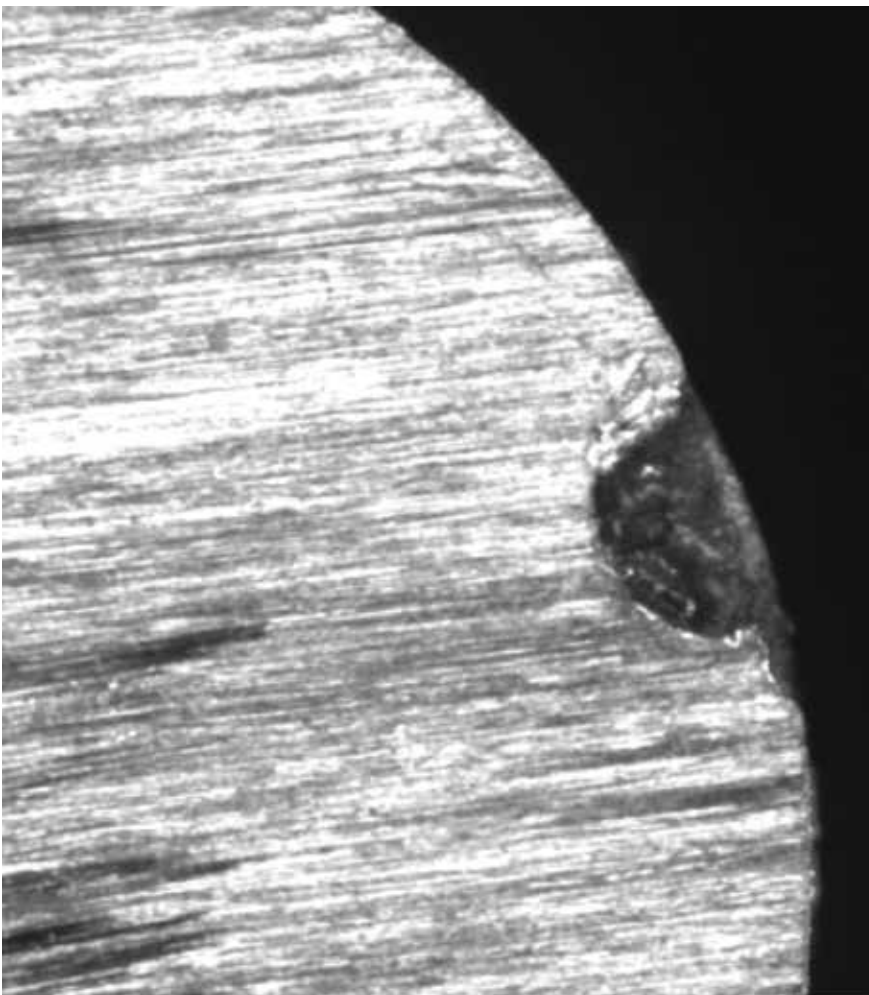


Abbildung 10: Querschnitt der Vertiefung in Abbildung 9 zeigt die Auswirkung auf die Querschnittsfläche und den Festigkeitsabfall.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass trotz großer Fortschritte bei den Oberflächenbehandlungen und Beschichtungen für Kohlenstoffstahl die Anfälligkeit für Korrosionen nach wie vor hoch ist. Es ist eine Frage des Zeitpunkts, wann, nicht aber, ob die Endbearbeitung irgendwann scheitern wird. Edelstahl rostfrei ist oft mit höheren Kosten verbunden, obwohl die Kosten eines Ausfalls wesentlich höher sein können. Die Umgebungsbedingungen und die Lebenserwartung eines Produkts müssen angemessen betrachtet und das geeignete Material und/oder die geeignete Oberfläche ausgewählt werden, um den Erfolg zu gewährleisten. Es ist auch wichtig, alternative Lösungen zu bewerten, wann immer dies möglich ist. Die Reduzierung des Materialvolumens durch den Wechsel von Vollstiften, Zentrierstiften und anderen Produkten zu Spiralspannstiften, Hülsen und Buchsen kann das Gewicht erheblich reduzieren und somit die Kosten senken. Kohlenstoffstahl stellt nicht immer die kostengünstigste Lösung für die Installation dar, und der "Mehrwert" sollte immer berücksichtigt werden. Edelstahl ist nicht unempfindlich gegen Angriffe und die verwendeten Materialien sowie die Umgebung müssen immer sorgfältig bewertet werden, um sicherzustellen, dass die richtige Sorte/Typ eingesetzt wird.

Europa SPIROL Deutschland

Ottostr. 4
80333 München, Deutschland
Tel: +49 (0) 89 4 111 905 71
Fax: +49 (0) 89 4 111 905 72

SPIROL Vereinigtes Königreich

17 Princewood Road
Corby, Northants
NN17 4ET Vereinigtes Königreich
Tel: +44 (0) 1536 444800
Fax: +44 (0) 1536 203415

SPIROL Frankreich

Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin
18 Rue Léna Bernstein
51100 Reims, Frankreich
Tel: +33 (0) 3 26 36 31 42
Fax: +33 (0) 3 26 09 19 76

SPIROL Spanien

Plantes 3 i 4
Gran Via de Carles III, 84
08028, Barcelona, Spanien
Tel/Fax: +34 932 71 64 28

SPIROL Tschechische Republik

Pražská 1847
274 01 Slaný
Tschechische Republik
Tel/Fax: +420 313 562 283

SPIROL Polen

ul. Solec 38 lok. 10
00-394, Warschau, Polen
Tel. +48 510 039 345

Amerika SPIROL International Corporation

30 Rock Avenue
Danielson, Connecticut 06239 U.S.A.
Tel. +1 860 774 8571
Fax. +1 860 774 2048

SPIROL Shim-Abteilung

321 Remington Road
Stow, Ohio 44224 U.S.A.
Tel. +1 330 920 3655
Fax. +1 330 920 3659

SPIROL Kanada

3103 St. Etienne Boulevard
Windsor, Ontario N8W 5B1 Kanada
Tel. +1 519 974 3334
Fax. +1 519 974 6550

SPIROL Mexiko

Avenida Avante #250
Parque Industrial Avante Apodaca
Apodaca, N.L. 66607 Mexiko
Tel. +52 81 8385 4390
Fax. +52 81 8385 4391

SPIROL Brasilien

Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134
Comercial Vitória Martini, Distrito
Industrial
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP,
Brasilien
Tel. +55 19 3936 2701
Fax. +55 19 3936 7121

Asien Pazifik SPIROL Asien-Zentrale

1st Floor, Building 22, Plot D9, District D
No. 122 HeDan Road
Wai Gao Qiao Free Trade Zone
Shanghai, China 200131
Tel: +86 (0) 21 5046-1451
Fax: +86 (0) 21 5046-1540

SPIROL Korea

16th Floor, 396 Seocho-daero,
Seocho-gu, Seoul, 06619, Südkorea
Tel: +82 (0) 10 9429 1451

e-mail: info-de@spirol.com

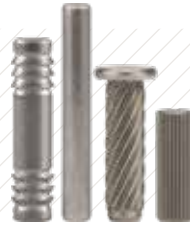
SPIROL.de



Spiralspannstifte



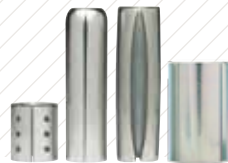
**Geschlitzte
Spannhülsen**



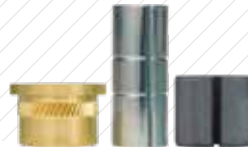
Zylinderstifte



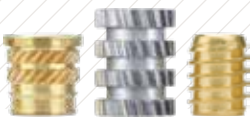
**Pass-Spannbuchsen
& Spannbuchsen**



**Distanzhülsen & Gerollte
rohrförmige Produkte**



**Compression
Limiters**



**Gewindeeinsätze für
Kunststoffe**



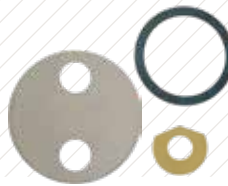
Eisenbahnmuttern



Tellerfedern



**Shims/ Zwischenlagen
für Toleranzausgleich**



**Präzisions Pass- und
Unterlegscheiben**



Vibrationszuführsysteme



**Installationstechnologie
für Stifte**



**Installationstechnologie
für Gewindeeinsätze**



**Compression Limiter
Installationstechnologie**

Bitte sehen Sie aktuelle Spezifikationen und das Standard-Produktangebot auf SPIROL.de ein.

SPIROL bietet kostenlose anwendungstechnische Unterstützung. Wir helfen Ihnen bei neuen Konstruktionen sowie bei der Lösung von Problemen und empfehlen Kosteneinsparungen bei bestehenden Konstruktionen. Lassen Sie uns Ihnen helfen, indem Sie den **Technischen Service** auf SPIROL.de besuchen.