

DICREST

GUT GERÜSTET FÜR DEN SAUERGASEINSATZ

DILLINGER – A PASSION FOR STEEL

Stahl ist unsere Leidenschaft. Seit mehr als 330 Jahren glauben wir an Ideenreichtum und Innovation gepaart mit Liebe zum Detail und Perfektion.

Je besser der Stahl, desto erfolgreicher unsere Kunden

Stahl ist ein einzigartiger, faszinierender Werkstoff und wer ihn versteht und beherrscht wird mit herausragenden Eigenschaften belohnt. Bei Dillinger ist der gesamte Herstellungsprozess – beginnend bei der Forschung über die Stahlherstellung bis hin zum Walzwerk – allein auf das Produkt Grobblech fokussiert. Aus dieser Spezialisierung erwächst ein unvergleichliches Know-how, das wir zum Vorteil unserer Kunden einsetzen. Wissen, Erfahrung und der zielgerichtete Einsatz modernster KI-Anwendungen ermöglichen Dillinger auch kritische Güten sicher zu produzieren und Produktentwicklungen voranzutreiben. Wenn es auf höchste Qualität, Zuverlässigkeit und Produktivitätssteigerung ankommt, ist Dillinger für Sie da – versprochen.

Mit mehr als 2.000 verschiedenen Stahlsorten und einem beeindruckenden Abmessungsprogramm bietet Dillinger ein unvergleichliches Produkt-Portfolio. Differenzierte Kundenberatungen und ein zunehmend digitales Serviceangebot runden das Leistungsspektrum optimal ab.

Weltweit hoch geschätzt

Die Öresundbrücke, die Dänemark mit Schweden verbindet, das Shanghai World Financial Center, eines der höchsten Gebäude der Welt, gigantische Offshore-Windkraftanlagen oder das Louis Vuitton Museum in Paris mit seiner atemberaubenden Architektur sind eindrucksvolle Beispiele für den vielseitigen Einsatz der Dillinger Hightech-Stähle, die höchsten Ansprüchen und Sicherheitsanforderungen genügen.

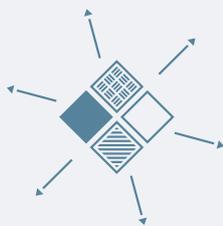
Ein Credo für Nachhaltigkeit

Stahl ist wie kein anderer Werkstoff besonders nachhaltig, nicht zuletzt aufgrund seiner extremen Recyclingfähigkeit. Zudem hat Umweltschutz bei Dillinger einen besonderen Stellenwert. Im Zentrum unserer Nachhaltigkeitsstrategie stehen eine CO₂-arme Stahlherstellung, umweltverträgliche Produkte, die Steigerung der Energieeffizienz und der Ressourcenschonung, die Reduzierung von Emissionen oder die Verbesserung des Gewässerschutzes. Dillinger bekennt sich zu den Zielen des Pariser Klimaschutzabkommens. Unser Credo lautet: Industrielle Spitzentechnologie gepaart mit nachhaltigem Wirtschaften – nicht mehr und nicht weniger.

DILLINGER IM ÜBERBLICK

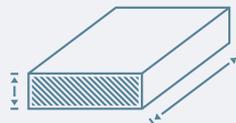
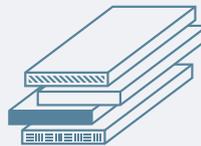


Über **330** Jahre Erfahrung



Beratungskompetenz in mehr als
10 Anwendungsbereichen

Über **2.000**
verschiedene Stahlsorten



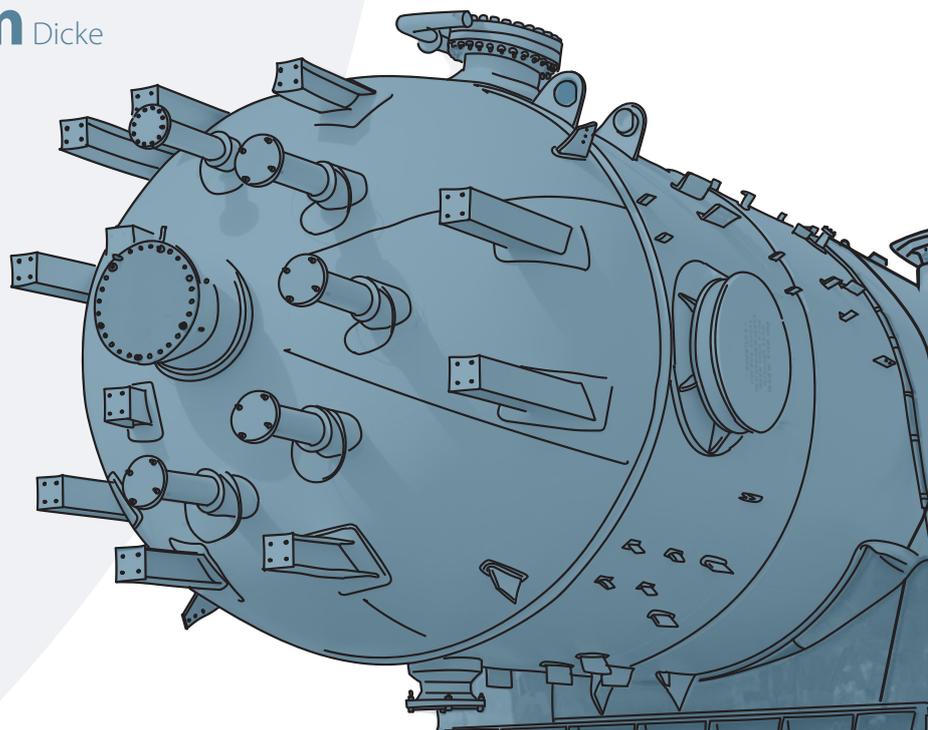
Grobbleche bis **28 m** Länge
und **500 mm** Dicke



Blechgewicht bis **52 t**



Über **200** internationale
Zulassungen, Zertifikate
und Qualifizierungen



ERFAHRUNG SCHAFFT SICHERHEIT

DICREST – Dillinger Crack Resistant Steel – seit über 30 Jahren haben wir eine etablierte Marke für die sauergasbeständigen Stähle. Die hohe Widerstandsfähigkeit unserer DICREST-Produkte bietet ein Höchstmaß an Sicherheit für die petrochemische Industrie.

Zahlreiche Anlagen der petrochemischen Industrie sind schwefelwasserstoff- oder aminhaltigen Medien ausgesetzt. Diese Stoffe können zu schwerwiegenden Schäden an Behältern und Rohrleitungen führen. Ursache dieser Schäden sind Korrosionsvorgänge durch freigesetzten Wasserstoff. Da die Schadstellen an den Innenseiten bzw. innerhalb der Wandungen liegen, sind diese von außen nur mit Hilfe aufwändiger Prüfverfahren erkennbar. Bauteilver sagen durch diese Schädigungen können daher ohne Vorwarnung auftreten und im Extremfall sehr schwere Unfälle verursachen.

Den Bedürfnissen der Anlagenbetreiber folgend, hat Dillinger eine Reihe von Stählen mit hoher Resistenz gegen wasserstoffinduzierte Rissbildung zum Bau von Druckgeräten aller Art entwickelt. Aufbauend auf den Erfahrungen mit sauergasresistenten Linepipestählen wurden Druckbehälterstähle entwickelt, die das höchste Maß an Sicherheit bieten: DICREST – Dillinger Crack Resistant Steel ist einer von ihnen. Seine Besonderheit: Das Produktdesign ist so ausgelegt, dass eine homogene HIC-Resistenz am gesamten Blech erzielt wird.

DICREST-Stähle haben sich seit Anfang der 1990er Jahren weltweit in zahlreichen Anlagen der petrochemischen Industrie bewährt und werden für spezialisierte Anwendungen von Dillinger immer weiterentwickelt. Aber auch für den Bau von Tankbehältern werden sogenannte „Sauer gasstähle“ spezifiziert, für sie gilt derselbe Qualitätsanspruch.

Dillinger hat sich auf dem Markt der Sauer gasstähle etabliert und berät nicht nur eigene Kunden, sondern auch die großen Endkunden und lässt das eigene Knowhow in die Gremienarbeit bei der Normenerstellung von z. B. NACE TM0284, NACE TM0177, NACE MR0175/ISO 15156-2 einfließen. Somit erhalten unsere Kunden immer eine hochqualitative und fundierte Rückmeldung zu Ihrer Anfrage, eben Tailor Made!

In unserem Lieferprogramm finden Sie HIC resistente Stähle wie z. B. DICREST Stähle, die Ihrem besonderen Anforderungsprofil genügen. Haben Sie anspruchsvolle Vorgaben für die HIC Prüfung und suchen einen besonders zuverlässigen Stahl, schauen Sie sich z. B. unseren DICREST-PLUS an. Möchten Sie einen dünnwandigen Tank mit HIC Anforderungen konzipieren, dann schauen Sie sich unsere DI-TANK Reihe an. Konzipieren Sie hingegen einen Druckbehälter aus A/SA-516 Gr. 60/65/70 bzw. A/SA-537 Class 1 nach ASTM/ASME Code oder eben nach EN Anforderungen aus P275/P355, unsere Produktpalette bietet für jeden die richtige Lösung! Fragen Sie einfach unseren Vertrieb oder Marketing nach HIC resistenten Stählen und erhalten Sie die auf Sie zugeschnittene Stahllösung.

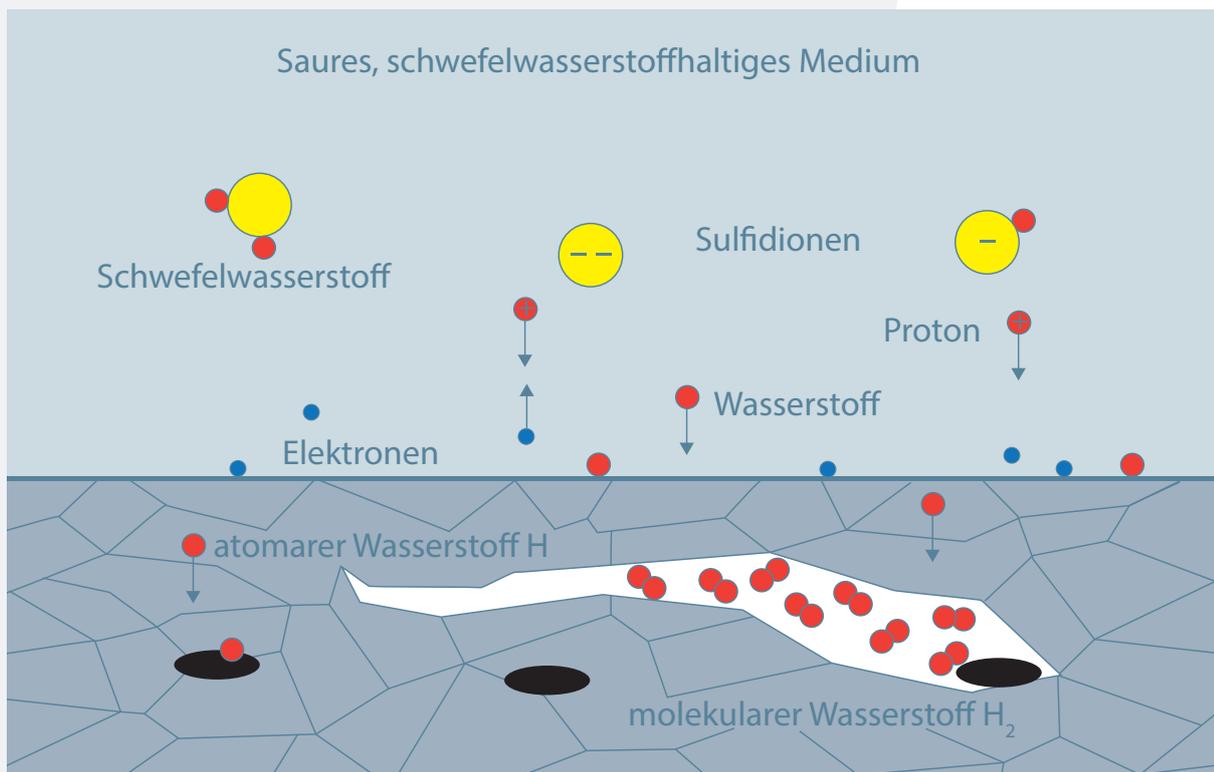
DIE SCHÄDIGUNG

Atomarer Wasserstoff – der Stoff, der die Anlagenbetreiber immer wieder vor Herausforderungen stellt. Wir von Dillinger können der wasserstoffinduzierten Rissbildung mit unseren DICREST-Produkten entgegen wirken.

Die wasserstoffinduzierte Schädigung ist auf elektrochemische Korrosionsreaktionen zwischen Materialoberfläche und Medium zurückzuführen. Hierdurch entsteht atomarer Wasserstoff, der in den Werkstoff diffundiert.

Der gelöste Wasserstoff setzt im Kristallgitter die Bindungsenergie herab und verringert so die Spaltbruchspannung und die Risszähigkeit. Besteht darüber hinaus die Möglichkeit, dass sich der atomare Wasserstoff an nichtmetallischen Einschlüssen oder in Mikroporen anreichert, rekombiniert dieser zu molekularem

Wasserstoff H_2 . Als Folge ist die Diffusionsfähigkeit des Wasserstoffs im Kristallgitter stark eingeschränkt. An den Sammelstellen können hierdurch enorme Drücke mit Spannungen, die über der Verformungsgrenze des Stahls liegen, aufgebaut werden. Vor allem an ausgefalteten Sulfiden und Seigerungen können so Mikrorisse parallel zur Oberfläche entstehen. Diese Form der wasserstoffbedingten Rissbildung wird als „Hydrogen Induced Cracking“ (HIC) bezeichnet. Während des Betriebs einer Anlage können diese Risse über einen längeren Zeitraum eine kritische Größe erreichen.



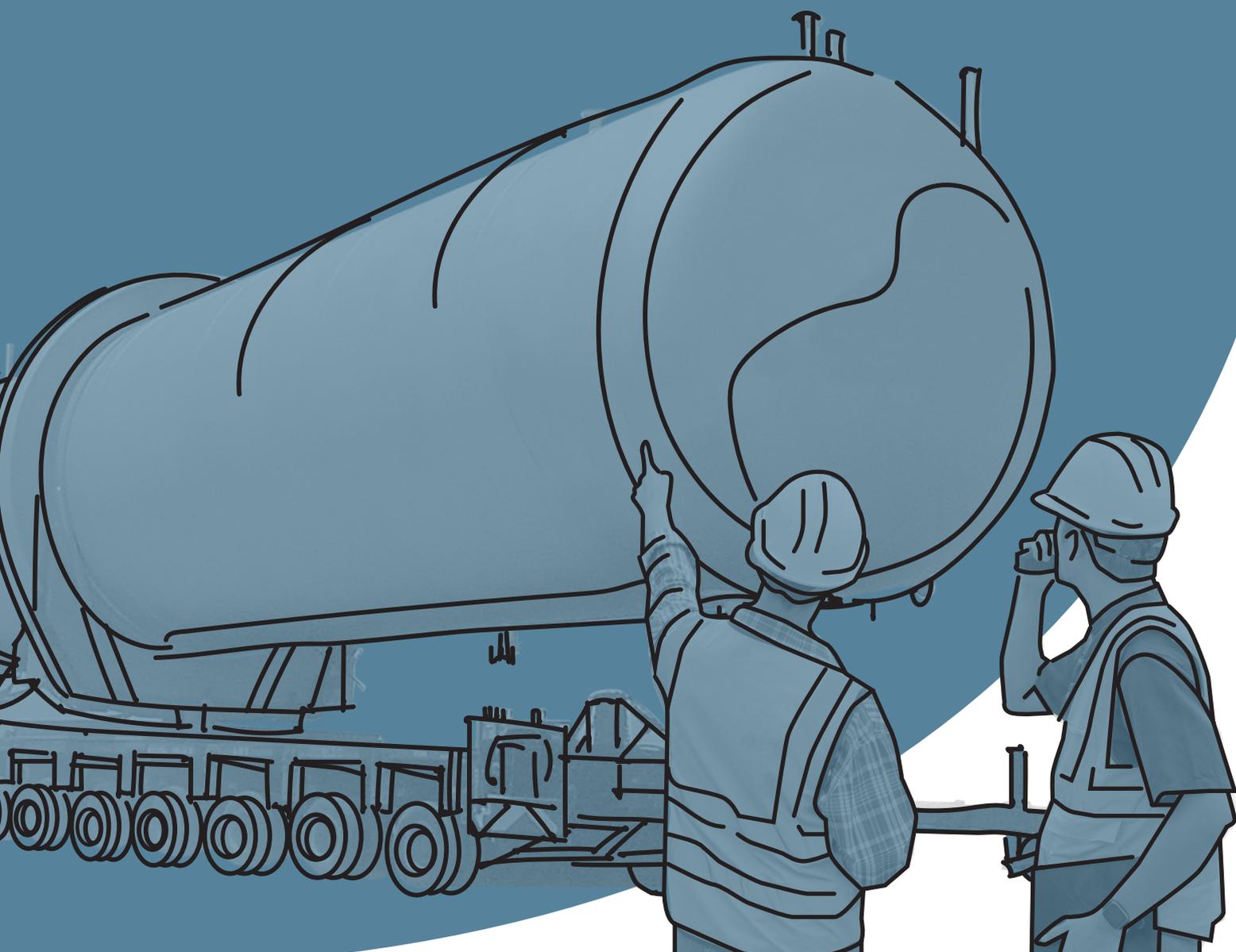
Verfügbare HIC resistente Stahlgüten

Thermomechanisch gewalzt	Normalisiert
A/SA-841 Gr. A Cl. 1	A/SA-516 Gr. 60/65/70
A/SA-841 Gr. B Cl. 2	A/SA-537 Cl. 1
P355 ML2	P275 N/NH/NL1/NL2
P420 ML2	P355 N/NH/NL1/NL2
P460 ML2	P265 GH

Verfügbare HIC resistente Markenstähle

Thermomechanisch gewalzt	Normalisiert
DI-TANK 355 HIC	DICREST 5
DI-TANK 420 HIC	DICREST 10
DI-TANK 460 HIC	DICREST 15
	DICREST-PLUS

Andere Druckbehälterstähle, die nach der Dillinger HIC-Prozessroute hergestellt wurden, können auf Anfrage angeboten werden.



DAS DILLINGER HIC-KONZEPT

Um dem Schädigungsmechanismus entgegen zu wirken, produzieren wir DICREST über unsere besondere HIC-Prozessroute. Besonderes Augenmerk liegt hier bei der Stahlerzeugung und dem Walzvorgang.

Im Stahlwerk werden niedrige Phosphorgehalte von maximal 0,01 % eingestellt. Die Schmelzen HIC resistenter Stähle werden stets einer Vakuumbehandlung unterzogen: Hierbei werden der Stahlschmelze Stickstoff und Wasserstoff entzogen. Während der Entgasung wird zudem eine Tiefentschwefelung durchgeführt. Das anschließende Reinheitsgradspülen führt zum hochreinen Stahl mit Schwefelgehalten von maximal 0,001 %. Die wenigen verbleibenden globulitischen Einschlüsse sind aufgrund ihrer geringen Kerbwirkung für den Werkstoff unschädlich. Damit ist auch das Risiko einer wasserstoff-induzierten Rissbildung reduziert.

Das Vergießen erfolgt unter speziell für sauergasresistente Stahlgüten abgestimmten qualitätssichernden Maßnahmen im Strang- oder Blockgussverfahren. Die Senkrecht-Stranggussanlagen von Dillinger haben gegenüber den üblichen Kreis- bzw. Ovalbogen-Stranggussanlagen entscheidende metallurgische Vorteile. Der Strang wird erst nach vollständiger Durcherstarrung abgebogen, d. h. die noch in der Schmelze verbliebenen Oxide können aufsteigen und sich am Gießspiegel abscheiden, da sie nicht an der Erstarrungsfront eingefangen werden. Zusätzlich vermindert die sogenannte Soft-Reduction der Stranggussanlage weitgehend die für Strangguss typischen Makro- bzw. Mittenseigerungen. Nur die strikte Einhaltung der Gießparameter gewährleistet hervorragende HIC-Eigenschaften, da beispielsweise schon Änderungen in der Gießgeschwindigkeit zu Qualitätseinbußen führen können. Für die HIC Stahl Produktion werden nur Schmelzen verwendet, die höchsten Ansprüchen genügen. Gewalzt wird auf leistungsfähigen Walzgerüsten, mit Walzkräften von bis zu 108 MN und Antrieben mit Drehmomenten von bis zu 2 x 4.500 kNm. Für jede HIC

Stahlgüte, außer thermomechanisch gewalzten Stählen, wird anschließend die für den Stahl erforderliche Wärmebehandlung durchgeführt, um ein homogenes und feinkörniges Gefüge herzustellen.

Die homogene HIC-Resistenz normalisierter HIC-Güten im Bauteil kann nur dann erzielt werden, wenn der gesamte Behälter spannungsarm gegläht wird. Sollte nach der Verarbeitung kein Spannungsarmglühen des gesamten Bauteils vorgesehen sein (z. B. wenn nicht verformt oder geschweißt wird), so kann ein Spannungsarmglühen der Bleche nach der Normalisierung erfolgen. Ausgenommen hiervon sind thermomechanisch gewalzte Grobbleche.

Ihre Produktvorteile auf einen Blick

- Extreme Blechformate und Stückgewichte
- Kosteneffiziente Fertigung durch reduzierten Schweiß- und Prüfaufwand
- Niedriger Gehalt an Spurenelementen erhöht die HIC-Beständigkeit
- Zahlreiche HIC-resistente Stahlgüten und Markenstähle

Ihre Servicevorteile auf einen Blick

- Umfassende Beratung durch erfahrene Experten
- Vorfertigung von Mantelblechen mit präzise gefrästen Schweißkanten auf Wunsch



Entdecken Sie unseren **E-Service** mit nützlichen Tools, dem persönlichen Bereich myE-Service mit allen Informationen zu Ihren Aufträgen und der **App E-Connect** zur Blechidentifikation.

OHNE WENN UND ABER

Der Nachweis der HIC-Resistenz erfolgt in unseren nach DIN EN ISO 17025 akkreditierten Laboratorien. Die HIC-Prüfung wird nach international anerkannten Standards und nach Kundenspezifikationen durchgeführt.

Dillinger hält auch mehrere Endkundenzulassungen für die Materialherstellung und dessen Prüfung. Die Mitarbeiter der von den Endkunden beauftragten Benannten Stellen sind in unseren Werken zur Abnahme vor Ort, teilweise auch permanent. Die Kenntnis der Spezifikationen erlaubt es uns, unsere Kunden bei möglichen Diskussionen mit den Entscheidern zu unterstützen und somit möglichen Missverständnissen zuvorzukommen.

Bei der Prüfung nach NACE TM0284 werden einem Blech, stellvertretend für alle Bleche derselben Schmelze eines Auftrags, Proben mit definierter Lage und Abmessung entnommen. Diese müssen im spannungsarm geglähten Zustand sein, was zum Erreichen der spezifizierten HIC-Resistenz bei normalisierten Blechen grundsätzlich erforderlich ist. Wie bereits erwähnt, sind die thermomechanisch gewalzten Bleche hiervon ausgenommen. Für Blechdicken bis 88 mm werden drei, maximal 30 mm dicke Proben genommen, die über die Blechdicke gestaffelt werden. Bei Blechdicken > 88 mm werden fünf, > 144 mm sieben und > 200 mm neun gestaffelte Proben entnommen und untersucht. So wird sichergestellt, dass stets der gesamte Blechquerschnitt dem HIC-Test unterzogen wird.

Anschließend werden die Proben für einen Zeitraum von 96 Stunden einer mit Schwefelwasserstoff gesättigten Testlösung ausgesetzt. Wahlweise stehen hierfür zwei verschiedene Prüflösungen nach NACE TM0284 zur Verfügung: Lösung A mit pH 3 und Lösung B mit pH 5. Im nächsten Schritt werden die Proben an drei definierten Positionen aufgeschnitten, geschliffen, poliert und

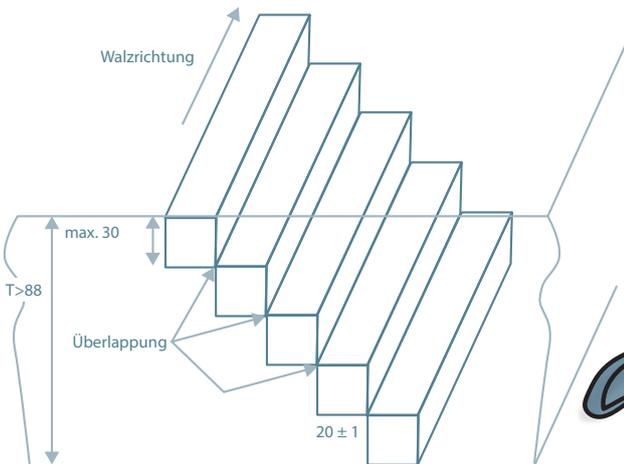
metallographisch untersucht. Die Größe der aufgetretenen Risse wird anhand der Bewertungskriterien Risslängenverhältnis CLR (crack length ratio), Rissdickenverhältnis CTR (crack thickness ratio) und Rissemphindlichkeitsverhältnis CSR (crack sensitivity ratio) beurteilt. Da die gesamte Produktion HIC-resistenter Stähle auf homogene HIC-Resistenz ausgerichtet ist, ist der HIC-Test repräsentativ für das gesamte Prüflot. Die HIC-Testergebnisse werden für Ihren Auftrag attestiert.

Selbstverständlich können die Prüf- und Akzeptanzkriterien – soweit technisch möglich – gemäß Ihrer Wünsche berücksichtigt werden.

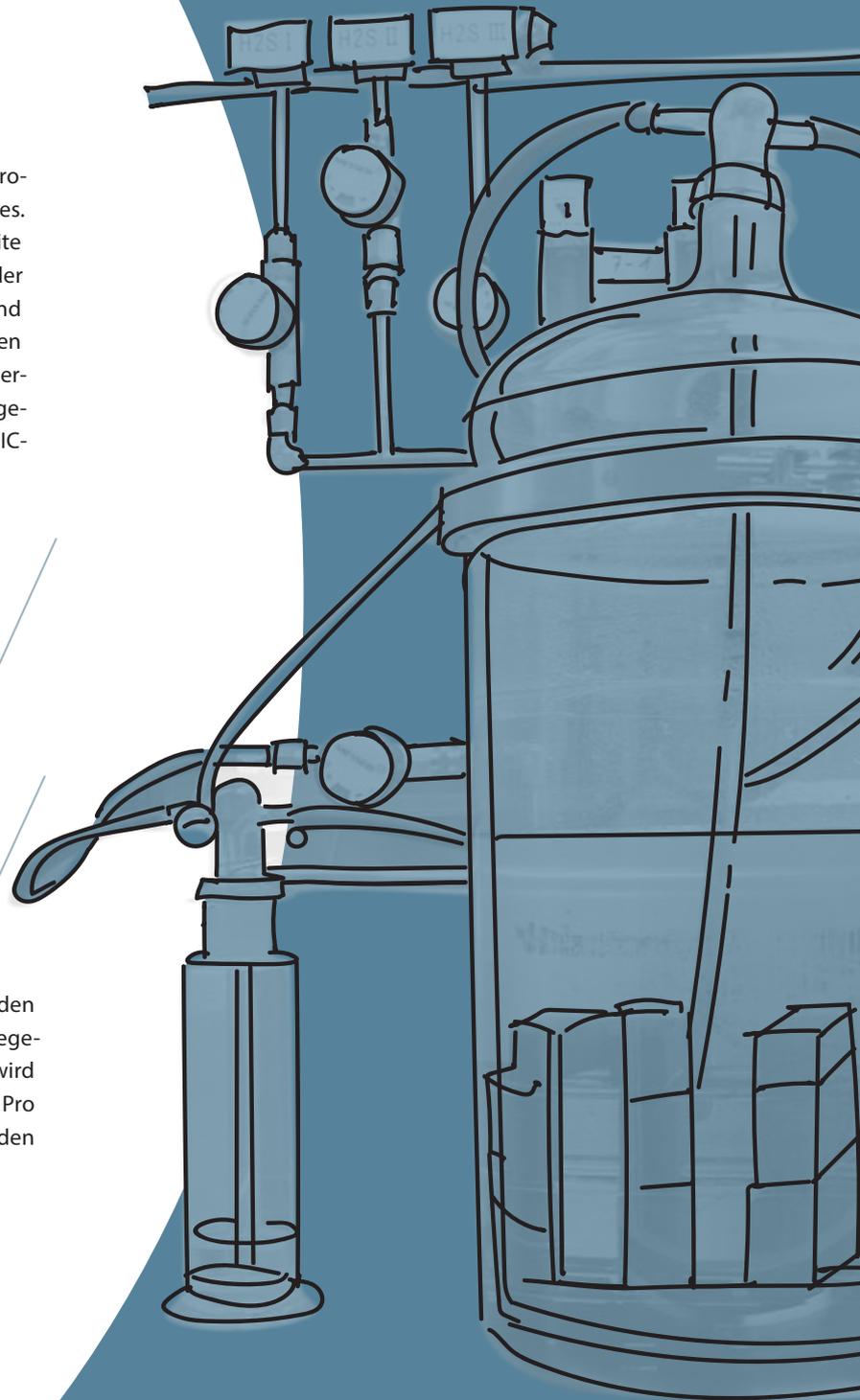
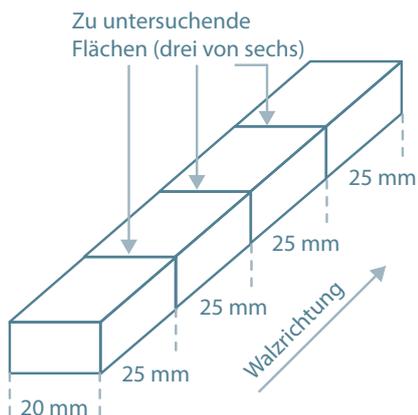
Auf den nachfolgenden Seiten können Sie eine beispielhafte Ermittlung der HIC-Resistenz betrachten.

AUSWERTUNG NACH NACE TM0284

Die Anzahl der aus einem Blech entnommenen Proben richtet sich nach der Dicke des jeweiligen Bleches. Eine Probe hat eine Länge von 100 ± 1 mm, eine Breite von 20 ± 1 mm und eine Höhe von max. 30 mm. In der unteren Abbildung ist beispielhaft ein zw. 88 mm und 144 mm dickes Blech abgebildet, bei dem fünf Proben entnommen werden. Zu beachten ist, dass eine Überlappung der Proben in der Blechdickenrichtung vorgeschrieben ist, damit die komplette Blechdicke dem HIC-Test unterzogen wird.



Nach der Entnahme der Proben aus dem Blech, werden diese in die spezifizierte Lösung und mit dem vorgegebenen Zeitintervall eingelegt. Nach Ablauf des Tests wird jede Probe in vier 25 mm lange Segmente unterteilt. Pro Schnittfläche wird ein Schliff angefertigt, somit werden pro Probe drei Schliffe untersucht.



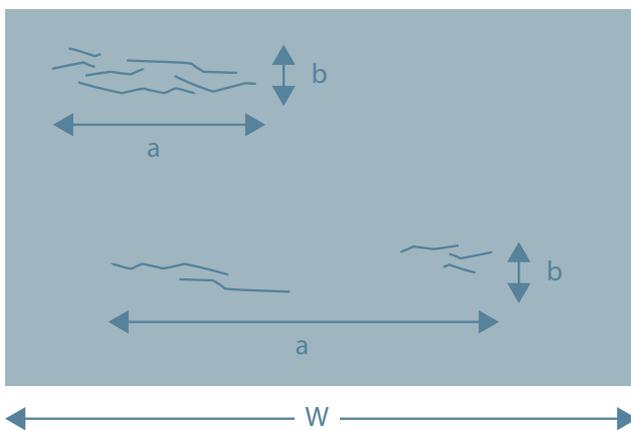
Qualität	Testlösung nach TM0284	Akzeptanzkriterien [%]		
		CLR	CTR	CSR
DICREST-PLUS ^{a)}	A (pH3)	≤ 7	≤ 2	≤ 0,7
DICREST 5 ^{b)}	A (pH3)	≤ 5	≤ 1,5	≤ 0,5
DICREST 10 ^{b)}	A (pH3)	≤ 10	≤ 3	≤ 1
DICREST 15 ^{b), c)}	A (pH3) B (pH5)	≤ 15 ≤ 0,5	≤ 5 ≤ 0,1	≤ 2 ≤ 0,05
DI-TANK ^{d)} 355/420/460 HIC	A (pH3)	≤ 10	≤ 3	≤ 1

^{a)} DICREST-PLUS: CLR-, CTR- und CSR je Schliff

^{b)} Die CLR-, CTR- und CSR-Werte werden als Mittelwerte aller Einzelschliffe eines HIC-Tests berechnet.

^{c)} Für DICREST 15 ist die gewünschte Testlösung in der Bestellung anzugeben.

^{d)} DI-TANK: Mittelwerte für CLR-, CTR- und CSR je Probe (3 Schliffe)



$$CLR = \frac{\sum a}{W} \cdot 100 \%$$

$$CTR = \frac{\sum b}{T} \cdot 100 \%$$

$$CSR = \frac{\sum (a \cdot b)}{W \cdot T} \cdot 100 \%$$

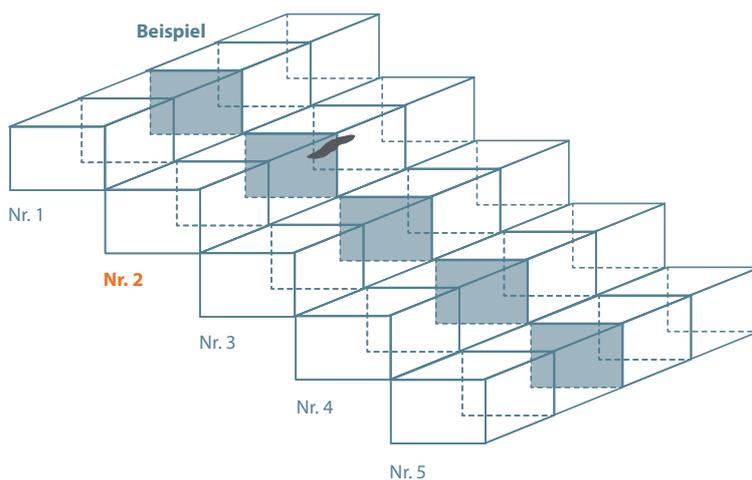
Für die Auswertung wird nun die Summe aller Risslängen (a) über die Probenbreite (W) oder die Summe aller Risshöhen (b) über die Probenhöhe (T) oder die Summe aller Risslängen und Risshöhen über den Schliff-Querschnitt berechnet.

Welches Auswertungskriterium gilt, legt der Besteller fest.

Insgesamt liegen hier 5 Proben à 3 Schliffe, also 15 Messergebnisse vor. Bei einem Schliff wurden Risse festgestellt mit einem CLR von 15 %. Wird die komplette Probe (Nr. 2) betrachtet, so ergibt sich ein CLR von 5 %. Eine Betrachtung über die komplette Blechdicke also 15 Schliffe, ergibt einen CLR von 1 %.

Die Vorgabe der Abnahmekriterien ist für die Auswertung der Ergebnisse von zentraler Bedeutung. In dem nachfolgenden Beispiel ist die unterschiedliche Leseweise beschrieben.

Mittelwerte je Probe (3 Schliffe) und Einzelwerte je Schliff bzw. hiervon abweichende Akzeptanzkriterien können nach Vereinbarung angeboten werden.



Blechdicke: > 88 ≤ 144 mm

Anzahl der Proben: 5 versetzt

Anzahl der Schliffe: 15

Messergebnis:

CLR = 15 % in einem Schliff (Einzelwert)

Durchschnittswerte über drei Schliffe (je Probe)

Nr. 1: CLR = 0 %, **Nr. 2: CLR = 5 %**, Nr. 3: CLR = 0 %, Nr. 4: CLR = 0 %, Nr. 5: CLR = 0 %

Durchschnittswerte über 15 Schliffe (5 Proben)

CLR = 1 %

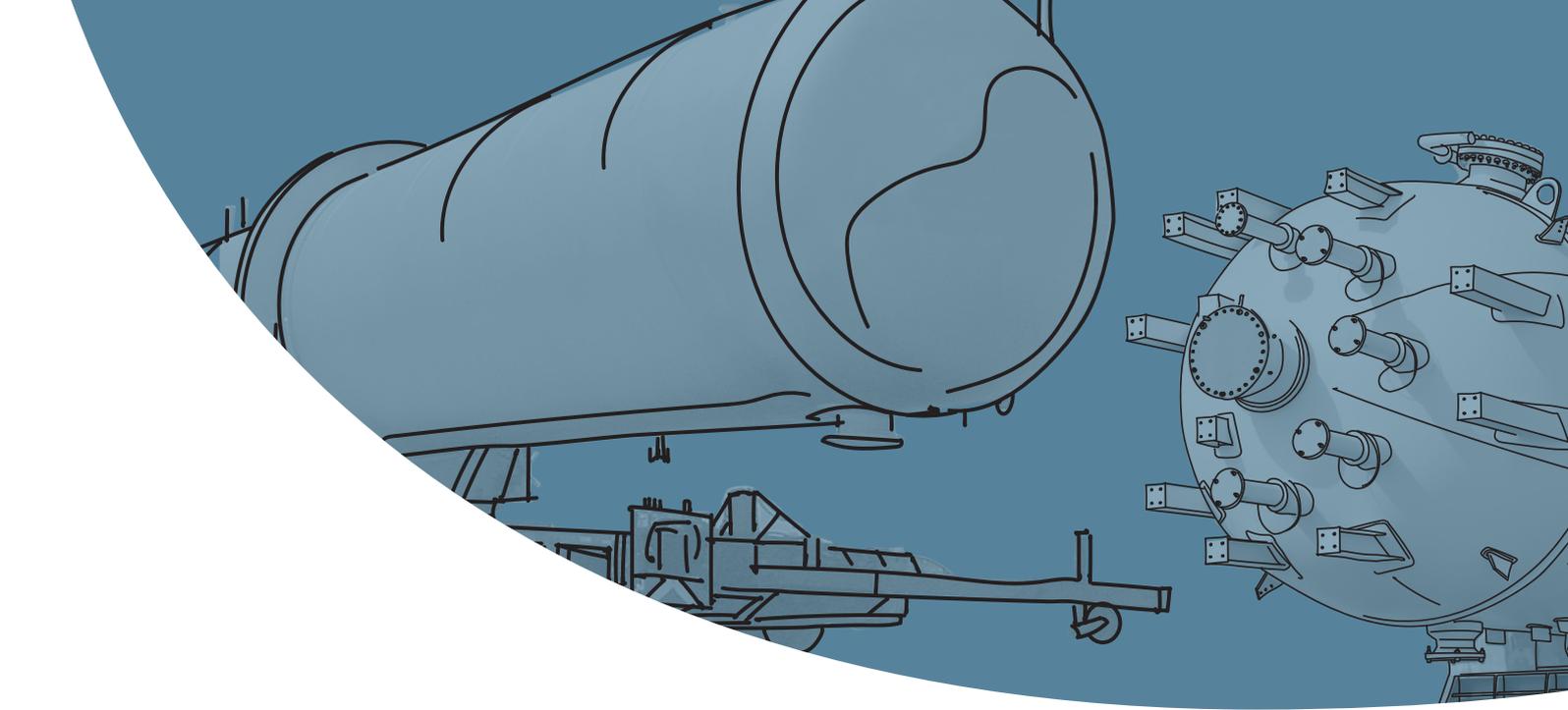
AUCH DARÜBER KÖNNEN SIE MIT UNS SPRECHEN

Die am häufigsten eingesetzten DICREST-Güten, A/SA 516 Grade 60, 65 und 70 nach ASTM/ASME sowie P275 und P355 nach EN 10028-3 und die thermomechanisch gewalzten DI-TANK-Güten, A/SA 841 Gr. A Cl. 1 und Gr. B Cl. 2 nach ASTM/ASME sowie P355 M, P420 M und P460 M nach EN 10028-4 bieten wir als Standardgüten an. Selbstverständlich liefern wir Ihnen HIC resistente Stähle auch nach anderen Normen und Ihren eigenen Spezifikationen. Sollten Sie erhöhte Anforderungen an die HIC Akzeptanzkriterien der Stähle haben, schauen Sie sich bitte unseren DICREST-PLUS an.

HIC resistente Stähle gibt es in Abmessungen, die den üblichen Rahmen für Grobbleche überschreiten. Unsere Formatgrenzen liegen bei Längen von 25.000 mm und Breiten von 5.200 mm. Die maximalen Blechdicken und Stückgewichte hängen von vielen Parametern wie HIC-Prüfkriterien und Stahlsorte ab. Entsprechende Informationen entnehmen Sie bitte den DICREST-Spezifikationen oder wir beantworten Ihnen gerne Ihre konkrete Anfrage im Zuge einer technischen Machbarkeitsprüfung.

Zusätzlich zum HIC-Test bietet Dillinger für HIC resistente Stähle auch den SSC-Test in Anlehnung an NACE TM0177 mit der Testlösung A, der Prüfdauer von 720 Stunden und einem Vier-Punkt-Biegeversuch an. „Sulfide Stress Cracking“ (SSC) ist eine durch gleichzeitiges Einwirken von Wasserstoff und von außen aufgebracht Beanspruchung auftretende Rissbildungsart, die in hochfesten Stählen und in der Wärmeeinflusszone von Schweißnähten auftreten kann. Da diese Schädigungsart primär mit der Härte des Werkstoffes zusammenhängt, wird die Härte des Grundwerkstoffes gemäß NACE MR0175 / ISO 15156-2 auf < 22 HRC begrenzt. Zur Durchführung des SSC-Tests müssen Prüfmethode, Prüflösung, Testdauer und Höhe der Zugspannung vereinbart werden.

Der Vollständigkeit halber sei mit „Stress Oriented Hydrogen Induced Cracking“ (SOHIC) ein weiteres wasserstoffbedingtes Rissphänomen erwähnt, das für Blechanwendungen von untergeordneter Bedeutung ist. Hierbei werden an den Stellen, wo mehrdimensionale Spannungszustände im Bauteil auftreten, im Vergleich zu den bisher beschriebenen Risstypen anders ausgeprägte Risse gefunden. Ausgangspunkte sind Kerben, Rissspitzen oder spannungsbeanspruchte Wärmeeinflusszonen von Schweißverbindungen. Typisch für diesen Risstyp ist eine Kombination von Rissen senkrecht zur Hauptspannungsrichtung des am stärksten beanspruchten Bereiches sowie von waagerechten Rissen in größerem Abstand davon. Unter bestimmten Voraussetzungen kann Ihnen Dillinger die Prüfung anbieten. Auf Anfrage werden die Prüfbedingungen und die Auswertekriterien eindeutig geklärt.



Dillinger HIC resistente Stähle werden häufig mit kurzen Lieferzeiten oder auch in kleineren Mengen benötigt.

Dillinger bietet DICREST auch ab Lager an.

Wenden Sie sich bitte hierzu an unsere Händler in:

den Niederlanden:



oder

den Vereinigten Arabischen Emiraten:



Die Verarbeitungshinweise HIC-resistenter Stähle finden Sie in dem jeweiligen Werkstoffblatt.



Für eine individuelle Beratung, ob technisch
oder kaufmännisch, wenden Sie sich bitte an
unsere Ansprechpartner.

Aktien-Gesellschaft der Dillinger Hüttenwerke

Werkstraße 1 · D-66763 Dillingen/Saar

Telefon +49 6831 47-0 · Telefax +49 6831 47-22 12

E-Mail info@dillinger.biz · www.dillinger.de