

Inhaltsverzeichnis

	Geleitwort	5
1	Einführung	15
2	Schadensfälle	22
2.1	Schadensfälle durch ungenügende Vorgaben, Prüfungen und Zertifizierungen	22
2.1.1	Ungenügende Einschweißtiefe (Fall 301)	22
2.1.2	Risse beim Schweißen durch Oberflächenungänzen (Fall 302)	24
2.1.3	Schlecht geschweißter Fahrzeugrahmen (Fall 303)	26
2.1.4	Kippermulde reißt in der Schweißnaht ab (Fall 304)	28
2.1.5	Unsachgemäße Reparaturschweißung (Fall 305)	30
2.1.6	Stahlschornstein mit vielen Schweißfehlern (Fall 306)	32
2.1.7	Fehlende Prüfungen (Fall 307)	34
2.1.8	Fehlende Fertigungsüberwachung verursacht Katastrophe (Fall 308)	36
2.1.9	Fehlerhafte Stumpfnähte an Heizungsrohren (Fall 309)	38
2.1.10	Schlecht geschweißter Hallenneubau (Fall 310)	40
2.1.11	Schrottreifes Podest mit Treppe (Fall 311)	42
2.1.12	Ohne Zulassungen und Prüfungen (Fall 312)	44
2.1.13	Gravierende Schweißfehler an einer Stahlwanne (Fall 313)	46
2.1.14	Ungeprüfte Schweißer für Betonstahl (Fall 314)	48
2.1.15	Betonstahl falsch abgeschnitten (Fall 315)	50
2.1.16	Fehlende Betriebszulassung (Fall 316)	52
2.1.17	Schäden an Schraubverbindungen (Fall 317)	54
2.2	Schadensfälle durch falsche Planung und Konstruktion	56
2.2.1	Falsche Position der Schweißnaht an Wellenbrechern (Fall 318)	56
2.2.2	Hochfester Werkstoff gerissen (Fall 319)	58
2.2.3	Schrumpfspannungen verursachen Risse an Gurtband- trommeln (Fall 320)	60
2.2.4	Zu starre Einspannung verursacht Risse (Fall 321)	62
2.2.5	Gebrochene Schweißnaht (Fall 322)	64
2.2.6	Grobkornbildung durch Schweißen im kaltverformten Bereich (Fall 323)	66

2.2.7	Schädigungen bei hochfesten Feinkornbaustählen (Fall 324)	68
2.2.8	Ermüdungsbrüche in den Schweißnähten eines Drehsiebes (Fall 325)	70
2.2.9	Risse im Kranausleger (Fall 326)	72
2.2.10	Schubstange durch zu hohe Belastung gebrochen (Fall 327) ..	74
2.2.11	Rohrnippel eines Sammlers interkristallin gerissen (Fall 328)	76
2.2.12	Bruch einer Mischerwelle (Fall 329)	78
2.2.13	Falsche Strategie gegen Verzug (Fall 330)	80
2.2.14	Metallverbindungen sorgfältig planen (Fall 331)	82
2.2.15	Fußballstadion nicht hüpsicher (Fall 332)	84
2.2.16	Falsch ausgeführte biegesteife Rahmenecke (Fall 333)	86
2.2.17	Aufgeplatzte Schweißnähte (Fall 334)	88
2.2.18	Gerissene Stützenprofile einer Balkonanlage (Fall 335)	90
2.2.19	Unsachgemäße Montage von Fassadenbekleidungen (Fall 336)	92
2.2.20	Härterisse durch Werkstoffverwechslung (Fall 337)	94
2.3.1	Fertigungsbedingte Schweißfehler	96
2.3.1.1	Geborstene Schweißnaht (Fall 338)	96
2.3.1.2	Spitze eines Turmkranes abgebrochen (Fall 339)	98
2.3.1.3	Havarie durch Unregelmäßigkeiten in einer Schweißnaht (Fall 340)	100
2.3.1.4	Zu große Nahtüberhöhung (Fall 341)	102
2.3.1.5	Korrodiertes Schrägklärer aus Edelstahl (Fall 342)	104
2.3.1.6	Schweißfehler an handgeschweißtem Kompensator (Fall 343)	106
2.3.1.7	Motorgehänge mangelhaft geschweißt (Fall 344)	108
2.3.1.8	Schweißfehler an austenitischen Rohren (Fall 345)	110
2.3.1.9	Rohrleitungspassstück mit deutlicher Korrosion (Fall 346) ..	112
2.3.1.10	Im Schwingungstest gerissener Hebel (Fall 347)	114
2.3.1.11	Gerissener Höhenverstellhebel (Fall 348)	116
2.3.1.12	Falsches Schweißverfahren für Altstahl (Fall 349)	118
2.3.1.13	Gefährlich schlecht geschweißte Unterkonstruktion (Fall 350)	120
2.3.1.14	Fehlerhafte Reparaturschweißung (Fall 351)	122
2.3.1.15	Ungenügende Flankenbindung (Fall 352)	124
2.3.1.16	Geschädigte Schweißnähte an Blechbauteilen (Fall 353)	126
2.3.1.17	Schwingriss in der Schweißnaht eines Behälters (Fall 354) ...	128
2.3.1.18	Fehlende Sichtprüfung (Fall 355)	130
2.3.1.19	Edelstahlgeländer schlecht geschweißt (Fall 356)	132
2.3.1.20	Stützträger gefährlich schlecht geschweißt (Fall 357)	134

2.3.1.21	Mangelhafte Lochschweißungen (Fall 358)	136
2.3.2	Werkstoffbedingte Schweißfehler	138
2.3.2.1	Versprödung durch Delta-Ferrit (Fall 359).....	138
2.3.2.2	Falscher Schweißzusatz für Rohrbündelwärmetauscher (Fall 360)	140
2.3.2.3	Interkristalline Korrosion an einer Sonde (Fall 361).....	142
2.3.2.4	Gebrochene Schweißnähte an einer Montageplatte (Fall 362)	144
2.3.2.5	Risse durch Druckwasserstoff (Fall 363).....	146
2.3.2.6	Gebrochene einsatzgehärtete Gabellaschen (Fall 364)	148
2.3.2.7	Ungeeigneter Schweißzusatz für Auftragsschweißung (Fall 365)	150
2.3.2.8	Zinklöttrissigkeit an geschweißten Deckenträgern (Fall 366) ..	152
2.3.2.9	Mikrobakterielle Korrosion in einem Klärwerk (Fall 367)....	154
2.3.2.10	Herausgerissener Bolzen an der Spannplatte (Fall 368)	156
2.3.2.11	Gewaltbruch in einem geschweißten Gewindebolzen (Fall 369)	158
2.3.2.12	Havarie eines Membranflachbodens (Fall 370)	160
2.4	Schäden durch falsche Vor-und Nachbehandlung	162
2.4.1	Zu dünne Schweißnähte an Straßenleuchten (Fall 371).....	162
2.4.2	Schädigung durch interkristalline Korrosion (Fall 372).....	164
2.4.3	Interkristalline Korrosion an einer Mehrlagenschweißnaht (Fall 373)	166
2.4.4	Rost an nichtrostendem Stahl (Fall 374).....	168
2.4.5	Korrosion durch fehlendes Beizen (Fall 375).....	170
2.4.6	Risse einer Laserschweißnaht (Fall 376)	172
2.4.7	Schlauchpore an einer Nickel-Basislegierung (Fall 377).....	174
2.4.8	Risse durch fehlerhafte Kosmetiknähte (Fall 378).....	176
2.4.9	Lochkorrosion an einem Siloboden (Fall 379).....	178
2.4.10	Korrodierte Schweißnaht an einem Trinkwasserbehälter (Fall 380)	180
2.4.11	Schlecht geheftete Muttern an Ankerstangen (Fall 381).....	182
2.4.12	Rost an Geländern aus nichtrostendem Stahl (Fall 382).....	184
2.4.13	Falsche Härtetechnologie (Fall 383)	186
2.4.14	Fehlstellen sachgerecht ausbessern (Fall 384)	188
2.4.15	Schweißspray falsch angewendet (Fall 385)	190
2.4.16	Bruch eines Kettenglieds (Fall 386)	192
2.4.17	Korrosion an gusseisernen Wasserrohren (Fall 387).....	194
2.5	Schadensfälle, die (noch) keine sind	196
2.5.1	Logo ohne optische Mängel geschweißt (Fall 388)	196
2.5.2	Reparaturschweißung von beschädigten Tragringen (Fall 389)	198
2.5.3	Risse an Schweißnähten einer Straßenbrücke (Fall 390)	200
2.5.4	Schadstellen regelgerecht ausbessern (Fall 391).....	202

2.5.5	Grobkornbildung durch Schrottbeimengungen (Fall 392) ...	204
2.5.6	Schweißnahtfehler an kaltgeformten Hohlprofilen (Fall 393)	206
2.5.7	Unschöne Heftschweißungen (Fall 394)	208
2.5.8	Schweißnaht deutlich erkennbar (Fall 395)	210
2.5.9	Aufwachsen der Zinkschicht (Fall 396)	212
2.6	Schäden durch mangelhaften Brand- und Arbeitsschutz	214
2.6.1	Gasleitung zum Schweißen nicht richtig abgedichtet (Fall 397)	214
2.6.2	Gefährliches Schweißspray (Fall 398)	216
2.6.3	Fahrlässiger Umgang mit dem Propanbrenner (Fall 399) ...	218
2.6.4	Viele Unzulänglichkeiten führen zum Großbrand (Fall 400)	220
3	Typische Schadensbilder an Schweißnähten	222
4	Zulässige Unregelmäßigkeiten an Schweißnähten	225
5	Prüfung von Schweißnähten	229
5.1	Schweißnahtprüfung nach DIN EN 1090-2	229
5.2	Zerstörungsfreie Schweißnahtprüfung	234
5.3	Zerstörende Schweißnahtprüfung	239
6	Durchführung einer Schadensfallanalyse	244
7	Checklisten und Dokumentationen	248
7.1	Schweißerlaubnisschein	249
7.2	Schweißanweisung (leer)	250
7.3	Schweißanweisung (Beispiel: MAG 5 FW PB)	251
7.4	Dokumentation Unterweisung (leer)	252
7.5	Dokumentation Unterweisung (Nichtkonformitäten)	253
7.6	Dokumentation Unterweisung (Sichtprüfung)	254
7.7	Arbeitsanweisung Sichtprüfung	255
7.8	Liste des Schweißpersonals	256
7.9	Checkliste (Arbeitsschutz beim Schweißen)	257
7.10	Unterweisungsnachweis Arbeitsschutz	258
7.11	Checkliste (für Bestandsaufnahme zur Schadensfallanalyse) ..	259

8	Anhang	260
8.1	Schadensfall-Suchmatrix.	260
8.2	Glossar	261
8.3	Stichwortverzeichnis	274
8.4	Normenverzeichnis	285
8.5	Richtlinienverzeichnis	288
8.6	Literatur- und Quellenverzeichnis	290
8.7	Bildnachweis	291
8.8	Autoren	292

1 Einführung

Trotz alternativer Füge- und Montageverfahren wie Kleben, Löten, Durchsetzfügen oder Schrauben hat das Schweißen im Metallhandwerk weiterhin eine besondere Bedeutung. In fast jeder Metallbauwerkstatt steht mindestens ein Schweißgerät – und wird auch genutzt. Und trotz Digitalisierung und innovativer Technik, trotz guter und praxisorientierter Ausbildung werden die Schadensfälle beim Schweißen kaum weniger. Nach wie vor gilt, Schäden an Schweißverbindungen, die fast immer auch eine statische Funktion haben, bergen ein besonderes Risiko. Beim Versagen einer Naht kann es zur Katastrophe, zum Schaden an Leib und Leben oder zu hohen Sachschäden kommen.

Das war für uns Anlass genug, uns im vierten Band aus der Reihe „Schäden im Metallbau“ ausschließlich mit „Schweißschäden“ zu beschäftigen. Und was wir hier zusammengetragen haben, bietet einen beispielhaften Querschnitt durch dieses facettenreiche und anspruchsvolle Thema. Es beginnt mit Schäden, die durch ungenügende Vorgaben, fehlende Prüfungen und Zertifizierungen entstanden sind. Der Bogen spannt sich dann über die Schadensfälle, die durch falsche Planung und Konstruktion verursacht wurden, über die Probleme beim eigentlichen Schweißprozess bis hin zu Schadensfällen, die durch falsche Vor- und Nachbehandlung ausgelöst wurden. Nicht zu vergessen die Schäden durch mangelhaften Brand- und Arbeitsschutz. Und schließlich gibt es noch die vermeintlichen Schäden, bei denen der Kunde eine „unschöne“ Schweißnaht oder eine ungleichmäßige Nachverzinkung einer Naht bemängelte.

Dieses Spektrum zeigt schon, wie kompliziert der Prozess des Schweißens ist, denn es ist allein mit der eigentlichen „Nahtlegung“ nicht getan. Die Schweißer und das Verfahren müssen richtig qualifiziert und zugelassen sein, die Schweißkonstruktion muss statisch sicher geplant und der Prozess und seine Parameter müssen genau festgelegt sein. Und letztlich müssen die Nähte geprüft werden. Eine große Verantwortung haben hier übrigens nicht nur der Schweißer, sondern auch der planende und überwachende Schweißfachmann beziehungsweise der Schweißingenieur.

Wie kompliziert bei diesen vielen Einflussfaktoren oftmals die Eingrenzung der Ursachen eines Schadens ist, zeigt eine Reihe von spannenden Fällen, bei denen der genaue und scharfe Blick in das Gefüge die einzige Möglichkeit war, herauszufinden, was den Riss ausgelöst hat.

Die Fälle in diesem Buch kommen von insgesamt 19 Autoren. Alle sind ausgewiesene Experten und haben seit vielen Jahren und aus verschiedenen Blickrichtungen mit Schadensfällen beim Schweißen zu tun. Angefangen

von den öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen des Metallbauerhandwerks wie Erwin Kostyra, German Sternberger oder Frank Kania, die bei ihren Gutachten immer wieder auch mit Fällen des Versagens von Schweißnähten zu tun haben.

Sehr viele Schadensgutachten zum Schweißen werden bei den Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalten in Auftrag gegeben. Sie haben bestens ausgestattete Prüflabore und Fachleute, die den Fällen auf den Grund gehen, wie Gabriele Weilnhammer aus München, Prof. Schuster oder Steffen Wagner aus Halle, Helmut Simianer aus Mannheim und Dr. Schasse aus Magdeburg. Und schließlich gibt es die (ehemaligen) Dozenten, die in ihrer wissenschaftlichen Arbeit oft hunderte von Schäden analysiert haben, Schweißerschulen und spannende Vorträge und Referate zu diesem Thema halten, wie Prof. Woywode, Prof. Pohl oder Dr. Weikert. Das Spektrum runden technische Berater, Institutsmitarbeiter, freie Berater und Experten für die „Randbereiche“ wie das Feuerverzinken ab. So hat zum Beispiel Volker Hastler, Leiter der ZINQ Manufaktur® und Beschichtungsinspektor der Stufe „C“, vier spannende Fälle beige-steuert, die ihm in seiner täglichen Arbeit immer wieder begegnen.

Dieses große Spektrum der Fachautoren ist übrigens eine der Stärken dieses Buches und macht jeden der hundert Fälle spannend, abwechslungsreich und lesenswert.

Wie Sie das Buch optimal nutzen!

Der wichtigste Bereich im Band vier der Schadensfallreihe sind wie bei den anderen drei Bänden die einhundert Fälle. Wie bestens bewährt, haben wir die Fälle anschaulich bebildert und auf jeweils zwei Seiten systematisch mit Schadensbeschreibung, Fehleranalyse und -bewertung und Schadensvermeidung und -beseitigung aufbereitet. Sie bekommen am Ende jedes Falles noch einmal die wichtigsten Tipps zur Schadensvermeidung und einen Überblick über die relevanten Normen, Regeln, Richtlinien und Merkblätter. Die Hinweise auf die Produktgruppe und das Schadensjahr helfen Ihnen, den Schaden richtig einzuordnen.

NÜTZLICHE INFOS ZUR VERMEIDUNG VON SCHWEISSCHÄDEN:

- Praxistipps zur Schadensvermeidung bei jedem Fall in diesem Buch,
- wichtige Dokumente und Checklisten im Buch und zusätzlich im Downloadbereich zum Buch unter www.metallhandwerk.de,
- Fachregelwerk Metallbauerhandwerk – Konstruktionstechnik mit dem Grundlagenwissen und allen notwendigen Regeln und Normen zum regelgerechten Metallbau und Schweißen unter www.metallbaupraxis.de,
- Fachbuch „Schweißen im Metallbau“ mit praxisbezogenen Grundlagen und anwendungsbezogenem Wissen zum Planen, Ausführen und Nachbehandeln von Schweißverbindungen, weitere Infos unter www.baufachmedien.de,



Bei jedem Fall finden Sie auch den Hinweis auf die passenden Kapitel des Fachregelwerkes Metallbauerhandwerk – Konstruktionstechnik. Denn schließlich vermittelt es das Grundlagenwissen und alle notwendigen Regeln und Normen zum regelgerechten Schweißen.

Eine Schadensfall-Suchmatrix hilft dem Leser, der Fälle aus bestimmten Produktbereichen wie Maschinenbau, Treppen und Gelände oder Fahrzeugbau sucht.

Immer wieder gibt es im Buch auch den Hinweis (mit QR-Code) auf unsere Schadensfalldatenbank, die dann mit den einhundert Fällen aus diesem Buch angereichert über ein Archiv von 450 Fällen für eine systematische Suche und Analyse verfügen wird.

- Online-Datenbank mit dann etwa 450 Schäden im Metallbau mit weiteren Schweißschäden unter www.schaeden-im-metallbau.de,
- Zeitschriftenarchiv mit diversen Fachbeiträgen zum Thema Schweißen unter www.mt-metallhandwerk.de,
- Metallbaukongress mit Fachvorträgen und Ausstellern zum Thema Schweißen; weitere Infos unter www.metallbaukongress.de,
- Deutscher Metallbaupreis mit herausragenden Arbeiten, an denen meist auch geschweißt wurde; weitere Infos unter www.metallbaupreis.de,
- Adressen von diversen Sachverständigen unter www.metalladressen.de.

Was die einzelnen Kapitel leisten und was Sie zusätzlich zur Verfügung haben!

Neben den einhundert Schadensfällen (Kapitel 2) finden Sie in diesem Buch auch eine Reihe wichtiger Zusatzinformationen, die Ihnen bei der Beschäftigung mit diesem Thema helfen und letztlich zur Schadensvermeidung beitragen.

Dazu gehört zum Beispiel ein kurzer, informativer Überblick über die typischen Schadensbilder an Schweißnähten in Wort und Bild (Kapitel 3). Sehr wichtig und anschaulich ist auch der Auszug aus der DIN EN ISO 5817 über die zulässigen Unregelmäßigkeiten an Schweißverbindungen (Kapitel 4). Hilft die Tabelle dem Metallbauer doch, manche Kundenforderung einzuordnen und unter Umständen abzulehnen. Denn je nach vereinbarter oder geforderter Bewertungsgruppe ist ein normativ genau festgelegtes Maß an Unregelmäßigkeiten in der Schweißnaht (wie Poren, Lunker, Bindefehler, Schweißspritzer usw.) zulässig.

Wichtige Zusatzinformationen erhalten Sie im Kapitel 5 über die Prüfung von Schweißnähten. Schließlich legt die DIN EN 1090 die Prüfverfahren und Prüfmänge an Schweißnähten genau fest (Kapitel 5.1). Diese Informationen und eine Beschreibung der möglichen zerstörungsfreien (Kapitel 5.2) und zerstörenden (Kapitel 5.3) Prüfverfahren finden Sie hier.

Zur Schadensvermeidung gehört auch das Wissen darüber, wie man systematisch die Ursache eines Schadens ermittelt (Kapitel 6). Hier werden Fehlerquellen beschrieben, analysiert und zusammengefasst und sehr hilfreich ist in diesem Zusammenhang eine Checkliste für die Bestandsaufnahme bei der Schadensfallanalyse.

Besonders nutzwertig ist das Kapitel 7 mit insgesamt elf Dokumenten und Checklisten. Angefangen vom Schweißerlaubnisschein über die Schweißanweisung bis zur Arbeitsanweisung zur Sichtprüfung finden Sie hier nützliche Hilfsmittel für Ihre betriebliche Schweiß- und Prüfpraxis. Die Word-Vorlagen für diese Checklisten und Dokumente gibt es übrigens auch im Downloadbereich zu diesem Buch unter www.mt-metallhandwerk.de. Hier können Sie die Dateien für Ihre betriebliche Nachnutzung herunterladen.

Abgerundet wird das Buch mit dem Anhang. Ein Stichwortverzeichnis hilft Ihnen zum Beispiel bei der systematischen Suche. Ein Glossar mit über neunzig Fachbegriffen bietet Ihnen wichtige Definitionen aus dem Bereich der Schweißschäden und ergänzt und erweitert die über 500 Fachbegriffe auf unserer Homepage unter www.mt-metallhandwerk.de in der Rubrik Technik/Fachbegriffe.

Normen-, Richtlinien- und Literaturverzeichnis fassen noch einmal die relevanten Fundstellen für weitere Recherchen zusammen. Bemerkenswert ist dabei, dass von den 78 im Normenverzeichnis enthaltenen Normen genau ein Drittel zum Normenpool des Fachregelwerkes gehören, die Nutzern der Metallbaupraxis im Volltext zur Verfügung stehen.

Im Autorenverzeichnis finden Sie am Ende des Buches alle 19 Autoren mit Kurzvita und Bild und den Kapiteln, für die sie verantwortlich zeichnen.

Was Sie über das Buch hinaus brauchen!

Wer noch tiefer in die Materie des Schweißens und der Schadensfälle einsteigen will, hat dazu bei uns neben den schon erwähnten „Kanälen“ weitere Möglichkeiten.

Das im Coleman-Verlag erschienene Fachbuch „Schweißen im Metallbau“ liefert praxisbezogene Grundlagen und anwendungsbezogenes Wissen zum Planen, Ausführen und Nachbehandeln von Schweißverbindungen.

Im Zeitschriftenarchiv der M&T Metallhandwerk stehen diverse Fachbeiträge zum Thema Schweißen und zu Schäden bereit.

Übrigens finden Sie auf unserer Homepage unter www.mt-metallhandwerk.de auch eine detaillierte Übersicht über alle 400 Fälle, die wir bisher in den vier Bänden der Schadensfallbuchreihe veröffentlicht haben.

Der Metallbaukongress liefert jedes Jahr im Herbst mit Fachvorträgen und Ausstellern zum Thema weiterführende Infos zum Schweißen.

Herausragende Arbeiten des Metallhandwerks werden mit dem jährlich in sechs Kategorien verliehenen Deutschen Metallbaupreis ausgezeichnet. An vielen Siegerobjekten finden sich hervorragend ausgeführte Schweißarbeiten.

Auf unserem Videokanal „MetallbauTV“ bei Youtube oder auf unserer Homepage unter www.mt-metallhandwerk.de gibt es diverse Videos, bei denen auch das Schweißen eine Rolle spielt.

Und nicht zuletzt enthält unsere Online-Adressdatenbank die Anschriften vieler Hersteller von Schweißtechnik und die Anschriften von diversen Sachverständigen.

Nutzen Sie die vielen Zusatzinformationen und nicht zuletzt die Posts und Diskussionen auf unseren Social Media Kanälen zum Beispiel bei Facebook, LinkedIn oder Youtube. Einen informativen Überblick über alle diese Möglichkeiten gibt die Grafik des Info-Netzes zu Schweißschäden am Anfang dieses Buches.

Denn letztlich geht es uns vor allem um eines: Sie vor folgensweren, teuren, unangenehmen und rufschädigenden Fehlern zu bewahren.

Jörg Dombrowski, Herausgeber

Hochfester Werkstoff gerissen

Schadensbeschreibung

Bei diesem Schadensfall handelt es sich um ein Bauteil aus dem ungeregelten Bereich. Für die Aufnahme eines Motors wurde ein relativ gedrungener räumlicher Fachwerkrahmen aus Rundrohrprofilen konstruiert. Dieser wurde vollständig als Schweißkonstruktion hergestellt. Zum Einsatz kam ein hochfester vergüteter Stahl 15CrMoV6-9 (Werkstoffnummer 1.7734). Die Verarbeitungstechnologie konnte nicht dokumentiert werden. Lediglich die Aussage zum Schweißverfahren WIG (141) war verfügbar. Im Schadensbild wurden mehrere Risse an den Knotenpunkten festgestellt. Dies veranlasste den Betreiber zu einer Schadensuntersuchung.

Fehleranalyse und -bewertung

Bei den Untersuchungen sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Sind die Risse auf Schweißnahtfehler zurückzuführen?
- Welche möglichen Schadensursachen kommen in Betracht?

Feststellungen zur Schadensursache

Das vorliegende Schadensbild entstand aus einer Überlagerung von konstruktiven Gegebenheiten und einer falschen werkstoffbezogenen schweißtechnischen Verarbeitung. Durch die sehr gedrungene Bauweise der Fachwerkkonstruktion entstand beim Schweißen der Stäbe eine sehr steife Konstruktion. Das Fachwerkprinzip, nur Zug- und Druckkräfte in den Stäben bei behinderungsfreier Knotenverdrehung, wurde damit unwirksam gemacht. Es entstanden beidseitig eingespannte Stäbe mit der Folge, dass in den Knotenpunkten wesentlich höhere Steifigkeiten vorlagen. Dort konzentrierten sich die auftretenden Kräfte. Die angefertigten Schlifffbilder ließen keine Schweißnahtfehler erkennen. Allerdings gab es erhebliche Unterschiede in den Wanddicken der Rohre an den Knotenpunkten. Durch die unterschiedlichen Bauteilsteifigkeiten trat eine zusätzliche Kerbwirkung auf.



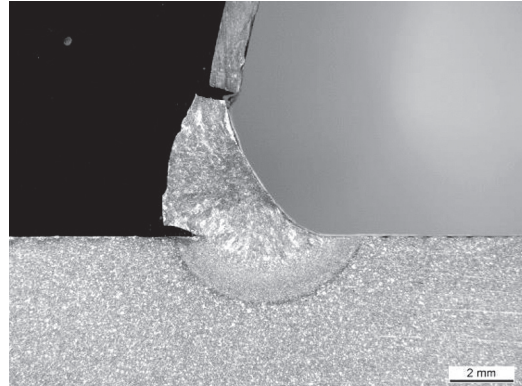
An diesem Rahmen für die Aufnahme eines Motors wurden Risse beobachtet.

Bei den Rissuntersuchungen wurden ergänzend an den Schweißnahtprofilen (Grundwerkstoff-Wärmeeinflusszone-Schweißnaht) Messreihen für die Härte aufgenommen. Die dabei gemessenen Härtewerte waren mit 420 HV10 relativ hoch und überschritten die zulässigen Grenzwerte. Diese Werte ließen auf eine falsche Schweißtechnologie schließen.

Mit dem WIG-Schweißverfahren lassen sich gegenüber den anderen gängigen Lichtbogenschweißprozessen eine ganze Bandbreite von Werkstoffen verarbeiten. Beim WIG-Schweißen ist allerdings der Lichtbogen im Vergleich zu den anderen Lichtbogenschweißverfahren höher konzentriert. Durch den höheren Energieeintrag entstehen andere Abkühlverhältnisse. Die weitere Verarbeitung muss durch nachgelagerte Wärmebehandlungen darauf abgestimmt werden. Dies wurde im vorliegenden Fall unterlassen. Hohe Härtewerte kombiniert mit hohen Lastkonzentrationen sind Risikofaktoren für die Entstehung von Rissen. Verstärkt wird der Effekt durch den verwendeten Werkstoff. Dieser weist zwar sehr hohe Streckgrenzen (etwa 850 N/mm²) und Zugfestigkeiten (etwa 1.300 N/mm²) bei guter Schweißbarkeit auf. Demgegenüber beträgt ein hohes Verformungsvermögen für die Vermeidung von Rissen, wie zum Beispiel die Bruchdehnung (bei dem vorliegenden Werkstoff 15CrMoV6-9 etwa zehn Prozent), nur etwa die Hälfte gegenüber den üblichen Stählen des Bauwesens.



Falsch: Riss in der Wärmeeinflusszone der Schweißnaht an einem Rohrknotenpunkt.



Falsch: Gerissener Schweißnahtrohranschluss im Makroschliff.

Schadensvermeidung und -beseitigung

Der Schaden an dem Motorrahmen lässt sich durch eine adäquate Reparaturtechnologie beseitigen. Dazu müssen die Risse einzeln und abschnittsweise ausgeschliffen und mit einem artgleichen Schweißzusatzwerkstoff wieder verschweißt werden. Durch eine anschließende Wärmebehandlung lassen sich die festgestellten hohen Härtewerte reduzieren.

Für eine künftige Schadensvermeidung ist die Wärmebehandlung für sich genommen aber nicht ausreichend. Wegen der sehr steifen Konstruktion in Verbindung mit der Kerbwirkung in den Knotenpunkten ist das Bauteil für eine Langzeitnutzung konstruktiv zu überarbeiten. Im Rahmen von Bauteilversuchen müssen die ertragbaren zeitabhängigen Belastungen ermittelt werden.

Produktgruppe: Fahrzeuge

Schadensjahr: 2016

Schlagworte: Schweißen, Werkstoff, WIG-Schweißen

PRAXISTIPP:

- Qualifizieren Sie die Schweißtechnologien an neuen Werkstoffen oder von neuen Prozessen durch Verfahrensprüfungen.
- Achten Sie auf die statische und dynamische Berechnung frei gestalteter Konstruktionen.
- Gegebenenfalls sind Belastungsversuche und Langzeitversuche (Dauerfestigkeitsversuche) an den kompletten Bauteilen erforderlich.

GELTENDE REGELN:

Die Beachtung folgender Normen, Richtlinien, Verordnungen und Regeln sind die Voraussetzungen für die fachtechnisch einwandfreie Ausführung der Arbeit:



- Fachregelwerk Metallbauerhandwerk – Konstruktionstechnik: Kap. 1.7.2.5 Schweißen,
- DIN EN ISO 15614-1 Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe; Schweißverfahrensprüfung; Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen,
- Produktdatenblatt und Verarbeitungsempfehlungen des Herstellers des Grundwerkstoffs,
- Produktdatenblatt und Verarbeitungsempfehlungen des Herstellers des Schweißzusatzes.