

Schweißzusätze für das Reparatur- und Auftragschweißen

Einteilung der Schweißzusätze

Die Schweißzusätze für die Reparatur- und Auftragschweißung sind nach DIN EN 14700 in Legierungsgruppen bzw. nach Legierungskurzzeichen (z. B. Fe1, Ni2, Cu1 usw.) eingeteilt, deren Eigenschaften und Anwendungsbereiche nachfolgend kurz erläutert werden sollen. (Literatur: DIN EN 14700: Schweißzusätze – Schweißzusätze zum Hartauftragen.)

Fe1

Schweißzusätze dieses Typs werden dort verwendet, wo Auftragungen an unlegierten oder niedriglegierten Stählen ohne besondere Anforderungen an die Härte des Schweißgutes ausgeführt werden.

Das Schweißgut besitzt keine besondere Widerstandskraft gegen Verschleiß, es kann im geschweißten oder angelassenen Zustand spanend bearbeitet werden. Die Legierungen mit $C \leq 0,4\%$ und meist bis zu 5% Legierungselementen sind weniger geeignet bei Abrasionsverschleiß, sind aber vorteilhaft bei Ermüdungs- oder Adhäsionsverschleiß einsetzbar, besonders wenn eine spanende Bearbeitung gefordert wird. Geeignet für weiche und schlagbeständige Auftragschweißungen, Pufferlagen vor härteren Auftragungen und Auffüllschweißungen zur Wiederherstellung des Ausgangsvolumens geeignet. Zu den genannten Legierungen zählen die warmfesten, vergütbaren, nitrierfähigen und einsatzhärtbaren Schweißzusätze, aber auch alle un- und niedriglegierten Stabelektroden, Gasschweißstäbe und Schweißzusätze für das Schutzgasschweißen (siehe Abschnitte B, D, F).

Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des ferritisch-martensitischen Schweißgutes ca. 150 – 450 HB, besondere Merkmale: schlagbeständig („p“), rissbeständig und mechanisch gut bearbeitbar, Verschleißarten: Gleit-, Stoß-, Roll-/Wälzverschleiß.

Fe2

Der höhere Kohlenstoffanteil $C = 0,4 - 1,2\%$ erzeugt durch größere Martensit- und Karbidgehalte ein verschleißfesteres Schweißgut als bei Legierungsgruppe Fe1. Die Auftragschweißungen sind zum Teil hartbar und vergütbar. Eine Verbesserung der Eigenschaften kann durch Anlassvorgänge erreicht werden. Das Schweißgut ist oft nur noch durch Schleifen bearbeitbar. Die zu dieser Kategorie zählenden un- und niedriglegierten Werkzeug- und Vergütungsstähle sind bei Ermüdungsbeanspruchung und Adhäsion mit Metallreibung besonders gut geeignet.

Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des martensitischen Schweißgutes ca. 30 – 58 HRC, besondere Merkmale: schlagbeständig („p“) und rissbeständig, Verschleißarten: Gleit-, Stoß-, Roll-/Wälzverschleiß, Furchungverschleiß.

Fe3

Hauptanwendungsgebiete liegen dort, wo höhere Härte des Schweißgutes bei erhöhten Temperaturen verlangt wird. Die Schweißzusätze erzeugen ein Schweißgut mit den Eigenschaften von Warmarbeitsstählen. Sie sind üblicherweise mit W, Cr und manchmal mit Mo, Ni, V, seltener mit Co legiert. Das Schweißgut besteht aus Martensit, Restaustenit und Karbiden. Zur spanenden Bearbeitung kann es weichgeglüht werden, danach wird wieder gehärtet. Ein optimaler Gefügestand wird durch Vergüten erreicht. Eine ausreichende Warmhärte kann bis zu 550°C erhalten werden. Beim Schweißen wird Vorwärmen und langsames Abkühlen zum Vermeiden von Rissen empfohlen.

Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des martensitisch-karbidischen Schweißgutes ca. 40 – 55 HRC, besondere Merkmale: schneidhaltig („s“), hitzebeständig („t“) und rissbeständig, beständig gegen Schlag und Thermoschock, sowie gut mechanisch bearbeitbar (nach Glüfung), Verschleißarten: Gleit-, Stoß-, Roll-/Wälzverschleiß, Roll-Stoßverschleiß, Thermoschock und Stoß-Gleitverschleiß bei hohen Temperaturen.

Fe4

Die Zusätze ergeben ein Schweißgut, dessen Analyse der von Schnellarbeitsstählen entspricht, d. h. es ist mit C, Mo, Cr, W und V legiert, in manchen Fällen mit Co. Eine spanende Bearbeitung ist nur nach Weichglühen möglich, meist ist das Schweißgut nur durch Schleifen bearbeitbar. Ein Härten ist nicht notwendig, nach vorherigem Lösungsglühen aber möglich. Üblich ist lediglich ein mehrmaliges Anlassen nach dem Schweißen, um die Härte zu steigern und eine Erhöhung der Standfestigkeit zu erreichen.

Hauptanwendungen sind bei Werkzeugen zu finden, z. B. das Herstellen von Schnittkanten von Kalt- und Warmarbeitswerkzeugen. Meist ist ein Vorwärmen zum Schweißen Werkzeugstähle unumgänglich, die Wärmeleitung muss auf die Werkzeuggröße und Werkzeuggeometrie (Spannungsempfindlichkeit), den Grundwerkstoff und den Schweißzusatz abgestimmt werden.

Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des martensitisch-karbidischen Schweißgutes ca. 55 – 65 HRC, besondere Merkmale: schneidhaltig („s“), hitzebeständig („t“), mäßig beständig gegen Schlag („p“), jedoch hohe Temperatur- und Thermoschockbeständigkeit, Verschleißarten: Roll-Stoßverschleiß, Thermoschock und Stoß-Gleitverschleiß bei niedrigen und hohen Temperaturen.

Schweißzusätze für das Reparatur- und Auftragschweißen

Fe6

Diese Legierungen weisen Kohlenstoffanteile bis $C \leq 2,5 \%$ auf. Das Schweißgut ist martensitisch und enthält meist Karbide. Das Schweißgut ist lufthärtend und unbehandelt nur durch Schleifen bearbeitbar. Zugunsten besserer Rissbeständigkeit wird zum Schweißen meist vorgewärmt. Es ist für Anwendungen mit schmirgelnder Beanspruchung (Abrasion) auch in Kombination mit Druck- und leichter bis mittlerer Schlagbelastung geeignet. Typische Anwendungen sind Brecherwalzen, Mischerteile, Erdbewegungsmaschinen sowie land- und forstwirtschaftliche Geräte. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist das Schweißen von Decklagen bei Verbindungsnahten an Verschleißblechen, um das „Auswaschen“ der Schweißnähte zu verhindern.

Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des martensitisch-karbidischen Schweißgutes ca. 48 – 55 HRC,

besondere Merkmale: schmirgelbeständig („g“), schlagbeständig („p“), schneidhaltig („s“), jedoch mäßige Hochtemperatur- und Thermoschockbeständigkeit,

Verschleißarten: Roll-Stoßverschleiß, Stoß-Gleitverschleiß, Furchungverschleiß, Korngleitverschleiß $\geq 500^\circ\text{C}$, Spülverschleiß und Flüssigkeitserosion.

Fe7

Die Zusätze mit $C < 0,2 \%$ und 4 - 30 % Cr erzeugen meist ein Schweißgut aus ferritischem Chromstahl. Eine Bildung von Martensitanteilen kann bei der Einhaltung des oberen C-Gehaltes von 0,2 % oder durch Zugabe anderer Legierungselemente wie Nickel erreicht werden. Eine breite Anwendung wird von den 13 %igen und 17%igen Chromstählen abgedeckt. Die rost- und zunderbeständigen Schweißzusätze können auf argonische bzw. un- und niedriglegierte Baustähle aufgetragen werden. Oft ist eine Wärmenachbehandlung vorzusehen.

Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des ferritischen/martensitischen Schweißgutes ca. 250 – 450 HB,

besondere Merkmale: nichtrostend („c“), schlagbeständig („p“), hitzebeständig („t“), gute mechanische Bearbeitbarkeit, sowie gute Hochtemperatur-, Thermoschock- und Rissbeständigkeit,

Verschleißarten: Roll-Stoßverschleiß mit Thermoschock, Korrosion und Erosionskorrosion, Korngleitverschleiß $\geq 500^\circ\text{C}$, Spülverschleiß und Flüssigkeitserosion.

Fe8

Diese Legierungen weisen Kohlenstoffanteile $C = 0,2 - 2 \%$ auf. Das Schweißgut ist martensitisch und enthält 5 – 18 % Cr. Das Schweißgut ist lufthärtend und unbehandelt nur durch Schleifen bearbeitbar. Zugunsten besserer Rissbeständigkeit wird zum Schweißen meist vorgewärmt. Es ist für Anwendungen mit schmirgelnder Beanspruchung (Abrasion) auch in Kombination mit Druck- und Schlagbelastung geeignet. Typische Anwendungen sind Stahlwerksrollen, Gesenke, Schnittwerkzeuge, Brecher- und Mühlenteile, Mischer usw.

Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des martensitisch-karbidischen Schweißgutes ca. 50 – 65 HRC,

besondere Merkmale: schmirgelbeständig („g“), schlagbeständig („p“), hitzebeständig („t“), jedoch mäßige Hochtemperatur- und Thermoschockbeständigkeit,

Verschleißarten: Roll-Stoßverschleiß mit Thermoschock, Stoß-Gleitverschleiß, Furchungverschleiß, Korngleitverschleiß $\geq 500^\circ\text{C}$, Spülverschleiß und Flüssigkeitserosion.

Fe9

Diese Gruppe umfasst die Manganhartstähle mit $C = 0,3 - 1,2 \%$ und 11 - 18 % Mn. Darüber hinaus ist ein Zulegieren von bis zu 18 % Cr möglich. Im geschweißten Zustand weist das Schweißgut eine Härte von 200 bis 300 HV auf, durch Kaltverfestigung (Druck- oder Schlagbeanspruchung) ist eine Härtesteigerung auf etwa 50 HRC möglich, dies erfordert aber eine Verformung des Werkstoffes. Anschließend ist eine gute Abrasionsbeständigkeit bei hoher Zähigkeit vorhanden. Für reinen Schmirgelverschleiß ist das Schweißgut nicht geeignet. Der Einsatz erfolgt für Brecheranlagen (Hämmer, Schläger, Brecherbacken) und Baggerbauteile (Kettenglieder, Zähne). Die Eignung für Laufräder von Kränen und Schienenfahrzeugen ist besser als die von Gruppe Fe1 oder Fe2. Zum Schienen-auftragschweißen wird dieser Legierungstyp traditionell eingesetzt.

Eine Nachbearbeitung wird meist nicht durchgeführt. Sie würde Hartmetallwerkzeuge erfordern. Beim Schleifen wegen Rissgefährdung nicht überhitzen. Das Schweißen ist so kalt wie möglich durchzuführen (Zwischenlagentemperaturen $T_z \leq 150^\circ\text{C}$), sonst kommt es zum Ausscheiden von Korngrenzenkarbiden und zum Zähigkeitsabfall.

Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des zunächst austenitischen Schweißgutes ca. 200 -250 HB, nach Kaltverfestigung (Umformung durch Druck oder Schlag) kann die Härte auf 40 – 50 HRC ansteigen,

besondere Merkmale: kaltverfestigungsfähig („k“), schlagbeständig („p“), bei Cr-Zugabe nichtrostend („c“), Verschleißarten: Prall-, Roll- und Wälzverschleiß, Stoß-Gleitverschleiß.

Schweißzusätze für das Reparatur- und Auftragschweißen

Fe10

Die Gruppe der austenitischen CrNiMn-Stähle ist im Schweißgut zäher als die Manganhartstähle der Gruppe Fe9. Die geringere Kaltverfestigung von etwa 250 HV auf ca. 450 HV wird durch eine gute Korrosionsbeständigkeit ergänzt. Der Schweißzusatz wird häufig als Pufferschicht aufgetragen, kann aber auch für verschleißbeständige Auftragschweißungen verwendet werden. Das Schweißgut wird nicht wärmebehandelt, es ist spanend bearbeitbar. Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des zunächst austenitischen Schweißgutes ca. 180 -200 HB, nach Kaltverfestigung (Umformung durch Druck oder Schlag) kann die Härte auf ca. 38 – 42 HRC ansteigen, besondere Merkmale: nichtrostend („c“), kaltverfestigungsfähig („k“), schlagbeständig („p“), zunderbeständig („z“), hohe Riss-, Hochtemperatur- und Thermoschockbeständigkeit, Prall- und Stoßverschleiß, Roll- und Wälzverschleiß und Korngleitverschleiß.

Fe11

Die Gruppe der austenitischen CrNi-Schweißzusätze entspricht den zum Verbindungsschweißen verwendeten überlegierten, nichtrostenden und hitzebeständigen Schweißzusätzen. Insbesondere die 29%Cr / 9%Ni-Zusätze mit einem Ferritanteil von etwa 40 % im Schweißgut hier einzuordnen. Die austenitischen Zusätze der Gruppe Fe11 sind von etwa 200 HB auf ca. 400 HB kaltverfestigungsfähig. Das Auftragschweißen kann auf artgleiche Stählen, auf Cr-Stähle und Baustähle erfolgen; der Korrosionswiderstand und die Zähigkeit des Schweißgutes sind sehr gut. Das Schweißgut ist spanend bearbeitbar. Insbesondere die 29/9 Typen eignen sich zum Auftrag- und Verbindungsschweißen schwer schweißbarer Stähle, sie werden auch bevorzugt zum Schweißen von Pufferlagen eingesetzt. Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des austenitischen Schweißgutes ca. 180 -220 HB, besondere Merkmale: nichtrostend („c“), zunderbeständig („z“), teils nichtmagnetisierbar („n“), hohe Riss-, Hochtemperatur- und Korrosionsbeständigkeit, Verschleißarten: Korrosion.

Fe14

Der C-Gehalt von 1,5 – 4,5 % bei einem Cr-Gehalt 25 - 40 % entspricht hochgekohten Cr-Stählen. Das Schweißgut gewinnt seine Härte aus der Bildung von Karbiden, es ist besonders beständig gegen Abrasionsverschleiß, also bei Reibung durch mineralische Partner (Erdbewegungsanlagen, Bergbauindustrie, Erzanlagen, Stahlindustrie). Neben Chrom als Karbidbildner wird in der Gruppe Fe14 nur noch Molybdän zugesetzt. Wärmebehandlungen des Schweißgutes würden zu keiner Härtesteigerung führen, eine Bearbeitung ist nur durch Schleifen möglich. Nach EN 14700 beträgt die Härte des martensitisch/austenitischen/karbidischen Schweißgutes ca. 40 – 60 HRC, besondere Merkmale: schmirgelbeständig („g“), nichtrostend („c“), jedoch mäßige Schlag-, Hochtemperatur- und Thermoschockbeständigkeit, Verschleißarten: Stoß-Gleitverschleiß, Furchungverschleiß, Korngleitverschleiß $\geq 500^{\circ}\text{C}$, Spülverschleiß.

Fe16

Der C-Gehalt von 4,5 – 7,5 % bei einem Cr-Gehalt 10 - 40 % erzeugt karbidisches Schweißgut höchster Härte. Das Schweißgut ist besonders beständig gegen Schmirgel- bzw. Abrasionsverschleiß, also bei Reibung durch mineralische Partner (Erdbewegungsanlagen, Bergbauindustrie, Erzanlagen, Stahlindustrie). Neben Chrom als Karbidbildner werden in der Gruppe Fe16 auch andere Elemente wie Mo, W, V und Nb zugesetzt. Wärmebehandlungen des Schweißgutes würden zu keiner Härtesteigerung führen, eine Bearbeitung ist nur durch Schleifen möglich. Nach EN 14700 beträgt die Härte des martensitisch/austenitischen/karbidischen Schweißgutes ca. 60 – 70 HRC, besondere Merkmale: schmirgelbeständig („g“), zunderbeständig („z“), jedoch geringe Schlag- und Thermoschockbeständigkeit, bildet normalerweise Risse im Schweißgut, Verschleißarten: Stoß-Gleitverschleiß, Furchungverschleiß, Korngleitverschleiß $\geq 500^{\circ}\text{C}$.

Schweißzusätze für das Reparatur- und Auftragschweißen

Ni2

Diese Gruppe umfasst die Schweißzusätze auf Nickelbasis mit höheren Molybdän-Anteilen (siehe auch Abschnitt L). Es werden verschiedene NiCrMo-Legierungen eingesetzt, teils auch Schweißzusätze mit W-Zusatz. Das warmfeste Schweißgut verfügt über eine hohe Warmhärte, Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit.

Das Schweißgut ist von 240 HB auf ca. 350 bis 550 HB verfestigungsfähig.

Das Schweißgut kommt z. B. für Schmiedehämmer, Gesenke, Warmschermesser etc. zum Einsatz.

Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des reinen Schweißgutes ca. 200 – 400 HB,

besondere Merkmale: nichtrostend („c“), kaltverfestigungsfähig („k“), schlagbeständig („p“), hitzebeständig („t“), zunderbeständig („z“), gute Hochtemperatur- und Thermoschockbeständigkeit, gute Rissbeständigkeit und mechanische Bearbeitbarkeit

Verschleißarten: Prallverschleiß, Roll-Stoßverschleiß, Thermoschock, Korngleitverschleiß $\geq 500^{\circ}\text{C}$, Stoß-Gleitverschleiß auch bei hohen Temperaturen.

Cu1

Diese Gruppe umfasst die Schweißzusätze auf Kupferbasis (siehe auch Abschnitt M). Diese können mit Al, Sn und/oder Fe legiert sein, jedoch $\text{Ni} \leq 6\%$ und $\text{Mn} \leq 15\%$.

Das Schweißgut der meist verwendeten Aluminiumbronzon enthält 5 bis 15 % Aluminium (Al).

Dabei enthalten die homogenen Legierungen, bestehend aus einem Mischkristall, bis zu 8 % Al.

Die heterogenen Legierungen mit mehr als 8,5 % Al werden durch Mehrstoffbronzon unter Zugabe von Fe, Ni, Mn und teilweise auch Si ergänzt.

Wegen der den Zinnbronzon ähnlichen Belastbarkeit, werden die Aluminiumbronzon als Auftragswerkstoffe für Gleitlagerteile eingesetzt, darüber hinaus für korrosionsbeständige Plattierungen auf Stähle, dann möglichst viele Lagen aufschweißen. Die Härte liegt bei den üblichen CuAl-Schweißzusätzen meist bei ca. 120 bis 300 HB.

Nach EN 14700 betragen die Härtewerte des reinen Schweißgutes der CuAl-Legierungen ca. 200 – 400 HB,

besondere Merkmale: nichtrostend („c“), nichtmagnetisierbar („n“), hohe Korrosions-, Druck- und Schlagbeständigkeit, gute Rissbeständigkeit und mechanische Bearbeitbarkeit,

Verschleißarten: Gleitverschleiß, Korrosion und Erosionskorrosion.

