جوشكاري چدن

مقدمه : چون به گرده وسيعي از مواد با عنصر اصلي آهن همراه با عناصر كربن 1/7 4/5 درصد سيليسيم 3 د 0/5 درصد ، فسفر ماگزيمم 0/2 درصد اطلاق مي شود . موليبدن ، نيكل ، كرم ، مس و بعضي عناصر ديگر هم براي توليد انواع چدن هاي آلياژي خاص اضافه مي شوند . توضيح رديف هاي گسترده تركيبات شيميايي و خواص مهندسي انواع چدن ها موضوع اين بحث نيست اما بايد به اين نكته اشاره كرد كه به طور كلي در صنعت چند نوع چدن موارد كاربرد بيشتري دارند كه عبارتند از : چدن خاكستري ، چدن نشكن با گرافيت كربن ، چدن چكش خوار و چدن سفيد . هر كدام از اين نوع چدن ها بنابر تركيب شيميايي ساختار ميكروسكپي زمينه ، اندازه و نحوه توزيع گرافيت يا كربور آهن داراي درجه هاي مختلف با خواص مهندسي متفاوت مي باشند .

چدن سفيد با مقطع شكست سفيد نقره اي و ترددي و شكنندگي بسيار زياد چون تقريبا قابل جوشكاري نيست و در مصارف مهندسي براي جوشكاري نيز طراحي نمي شود از اين بحث حذف مي شود .

كربن در چدن به دو صورت تركيبي (سمنتيت Fe3C و بعضي كاربيدهاي عناصر ديگر) و آزاد (گرافيت) يافت مي شود . گرافيت در چدن

خاکستري به صورت ورقه اي يا کرمي شکل ، در چدن ماليبل به صورت برفکي و در جدن نشکن به شکل کروي در زمينه پخش و توزيع شده است . به علت وجود گرافيت هاي تجمعي ئر چدن هاي ماليبل و نشکن ابن نوع چدن ها قابليت انعطاف پذيري و چکش خواري بهتري نسبت به چدن خاکستري دارد .

بعد از توضيحات مقداماتي فوق به نحوه جوشکاري قطعات چدني پرداخته مي شود ولي قبلا لازم است که ضرورت هاي عمليات جوشکاري روي قطعات چدني بررسي شود . موارد مهم کاربرد عبارتند از :

الف – بر طرف کردن بعضي عيوب ريخته گري که در حين تراشکاري قطعات چدني ظاهر مي شوند . نظير ترک هاي موضعي ، حفره هاي گازي ، حفره هاي ناشي از ريزش ماسه يا حبس سرباره و غيره .

ب – تعمير کردن قطعات چدني که در ضمن کار شکسته شده اند و از نظر اقتصادي و يا عدم دسترسي به تکنولوژي ساخت آنها ، بهتر است از طرق جوشکاري تعمير گردند .

ج – اتصال دو يا چند قطعه که ريختن آنها به صورت واحد همراه با مشکلاتي بوده و يا از نظر اقتصادي مقرون به صرفه نيستند .

2-24 روش های جوشکاری چدن خاکستری

چدن خاكستري داراي استحكام فشاري خوب (4/5 - 2/5 برابر استحكام كششي) در مقاومت ضربه اي نسبتا پايين است . مقدار عناصر آلياژي نظير نيكل - كروم و مس بر روي استحكام ومقاومت در برابر خوردگي اثر مثبت و عناصر نا خالصي و عناصر ناخالصي نظير گوگرد و فسفر بر روي مقاومت ضربه اي اثر منفي دارند . چدن خاكستري با همه مزايا و معايبي كه دارد در صنعت موارد مصرف بسيار زياد داشته و به ويژه در جاهايي كه تحت نيروي استاتيكي (نظير بدنه ماشين) و زندگي طولاني بدون ضربه هاي مكانيكي و حرارتي باشد مورد استفاده قرار مي گيرد .قطعات چدن خاكستري را مي توان با روش هاي مختلف ، قوس الكتريكي ، الكترود محفوظ در گاز خنثي شعله گاز اكسي استيلن و لحيم سخت به يكديگر متصل كرد .

1- قوس الكتريكي الكترود دستي : استحكام كششي ، نحوه توزيع گرافيت درصد گوگرد و فسفر و درجه مهار يا ممانعت يا طرح قطعه كار عواملي هستند كه به شدت در موفقيت جوشكاري با لكترود تاثير دارند . به عنوان مثال نوع چدن خاكستري با استحكام كششي $17/5\ KG/MM^2$ حساست بيشتري در برابر تك هاي زير خط ذوب نسبت به چدن با استحكام كششي $29/5\ kgmm^2$ دارد .

اگرچه روش هاي كربني و فلزي لخت نيز قابل استفاده هستند اما بيشتر از الكترود هاي روپوش دار فلزي استفاده مي شود . از الكترود با فلز هسته فولاد معمولي يا چدن نيز كمتر استفاده مي شود . معمولا فلز هسته الكترود براي جوشكاري چدن ، نيكل و يا آلياژ هاي آن با آهن و مس انتخاب مي شود . اين الكترودها در استاندارد AWS و ASTM به صورت Cu ENi (نيكل و مس) ، $ENi - C_1$ (95 درصد نيكل) و $ENiFe-C_1$ (55 درصد نيكل و بقيه آهن) مشخص شده اند كه هر كارخانه سازنده با نامها و شماره هاي خاصي آنها را عرشه مي كند . اما غالبا الكترودها با اين استاندارد تطابق داده مي شود .فلز جوش رسوب داده شده با $ENiFe-C_1$ و Cu ENi داراي كربن بالاتر از حد حلاليت هستند و همزمان با انجماد فلز جوش كربن اضافي به صورت گرافيت آزاد مي شود كه نقصاني در تنش فشاري ايجاد مي نمايد . به طور كلي الكترودهاي $ENiFe-C_1$ بهتر از Cu ENi هستند چون :

الف – ضريب انبساط در فلز جوش كمتر است .

ب – دامنه فسفر در فلز قطعه كار مي تواند وسيع تر باشد .

ج – استحكام و انعطاف پذيري فلز جوش افزايش مي يابد .

د – حساسیت در برابر ایجاد ترک های گرم د فلز جوش کاهش مي یابد .

الکترودهاي Cu ENi این برتري را دارد که فلز جوش نرمتر تولید مي کند ، (در شرایطي که عمق لایه جوش کم و بر روي ورق نازک انجام شود) که از نظر ماشین کاري قابل توجه است . در شرایطي که باید چندین روش جوش برروي یکدیگر رسوب داده شود الکترود $ENiFe\text{-}C_1$ جوشي با قابلیت ماشین کاري بهتري تولید مي کند .

به علت ضرورت در پیش گرم کردن کار قبل از جوشکاري باید قطعه طوري قرار گیرد تا مسیر جوشکاري و عملیات کاملا باز و جوشکاري به راحتي انجام گیرد آماده سازي قطعه قبل از جوشکاري شامل مراحل مختلف است ، از جمله : پخ سازي لبه هاي اتصال و یا برداشتن فلز قبل از ترکیدگي تا منتهي علیه آن ، بدین ترتیب از محبوس شدن هر گونه حباب گاز ماسه و کثافات دیگر در عمق ترکیدگي جلوگیري مي شود . براي مشاهده منتهي علیه پیچیدگي گاهي لازم است از انواع ذره بین و یا وسایل دیگر استفاده شود و تنها به چشم غیر مسلح اکتفا نود . اگر قطعه کاملا جدا نشده باشد باید ابتدا و انتهاي مسیر

یشرفت ترک را با ایجاد سوراخ هایي با مته بست . پوسته هاي ناشي از آهنگري و ریخته گري نیز باید از سطح اتصال کاملا برطرف و تمیز

شوند . قطعات ريخته گري كاركده معمولا آغشته به روغن ، گريس و انواع آلودگي هاي ديگر هستند كه حتي اين مواد روغني توسط گرافيت در سطح چدن نيز جذب شده اند . كليه ناخالصي ها بايد كاملا پاكيزه شوند . اين عمل مي تواند توسط محلول هاي شيميايي يا سوزاندن و حرارت دادن براي مدت كوتاهي در درجه حرارت 370 درجه سانتيگراد انجام گيرد .

در بعضي مواقع دو سر از قطعه جدا شده را كه قرار است به همديگر متصل شوند ، ابتدا چندين لايه جوش رسوب داده و سنگ مي زنند . سپس آنها را در كنار يكديگر قرار داده و با چندين پاس ديگر جوش مي دهند . شكل (40-2) اين عمل را لايه دادن Buttering مي گويند . در مورد اتصالات فلزات غير هم جنس نظير اتصال فولاد به چدن نيز از اين تكنيك استفاده مي شود . يكي از كاربردهاي ديگر اين تكنيك وصله زدن قطعه فولادي به چدني خورده مي باشد . بايد توجه داشت كه از اتصال مستقيم وصله فولادي به چدني بدون لايه دادن با الكترودهاي مخصوص (پرنيكل) جلوگيري شود . چون فلز جوش حاصل از ذوب شدن لبه فولادي (كربن حدود 2/ %) و لبه چدني (كربن حدود 3%) و الكترود داراي

شكل(2. 40) رسوب دادن لايه برروي لبه هاي مورد جوش در اتصالات چدن به چدن يا به بعضي فلزات ديگر

آنچنان تركيب شيميايي است (كربن حدود 1/8 درصد) كه ترد و شكننده اشد . در بعضي موارد مي توان از وصله هاي مسي يا نيكلي استفاده كرد .

به طور كلي دو تكنيک در جوشكاري قطعات چدني با قوس الكتريكي به كار مي رود كه اصطلاحا به جوش سرد و گرم شناخته شده اند . در روش جوش سرد براي جلوگيري از ايجاد منطقه ترد و شكننده در مجاور جوش سعي مي شود تا از بالا رفتن درجه حرارت قطعه جلوگيري شود بدين معني كه با به كار بردن الكترودهاي كوچک ، آمپر پايين و انجام رسوب به طور پريودي و زمان هاي كوتاه و توقف براي سرد شدن جوش دائما درجه حرارت قطعه كار حتي در مواع نزديک خط اتصال پايين نگه داشته مي شود . طبيعتا منطقه باريكتري به درجه حرارت بحراني براي حل شدن كربن ازاد در زمينه و احيانا برگشت به صورت سمنتيت و يا فلز ترد ديگر مي رسد . با اين روش اگر جنس الكترود مناسب انتخاب شود و مشكلي از نظر الماسه شدن فلز جوش و يا ايجاد تركيدگي در فلز جوش نباشد ، احتمال وقوع

تركيدگي در منطقه مجاور جوش كاهش مي يابد و اين منطقه بسيار باريک مي گردد .

در تكنيک جوش گرم كه بيشتر هم متداول است ، با پيش گرم كردن قطعه تا 200 درجه يا بيشتر و كنترل سرعت سرد شدن پس از عمليات جوشكاري (گزاردن قعه در كوره يا زير خاكستر گرم و يا وسايل ديگر اصطلاحا دم كردن) ساختار ميكوسكوپي زمينه در فلز جوش و به ويژه منطقه مجاور جوش كنترل مي شود و بدين ترتيب از به وجود آمدن فاز ترد و تنش هاي زياد جلوگيري مي شود .

هنگام استفاده از الكترودهاي Cu ENi و $ENiFe\text{-}C_1$ پيش گرم كردن 200 - 300 درجه سانتيگراد پيشنهاد شده است . الكترودهاي $ENiFe\text{-}C_1$ بر روي قطعاتي كه اتحكام كششي آنها حداقل $24/5\ kg/mm^2$ باشد فلز جوش سالمي به وجود مي آورد ، اما قدري سخت تر از رسوب با الكترود $ENi\ C_1$ است . در درجه مهار يا ممانعت بالا مي توان انتظار ترک هايي با در فلز جوش با ا لكترود $ENi\ C_1$ را داشت به خصوص اگر درصد فسفر در قطعه كار از 2/ درصد بيشتر باشد در اين شرايط اگر به ويژه قابليت ماشين كاري خوبي نيز مورد تقاضا باشد درجه حرارت پيش گرم كردن بايد تا 750- 500 درجه سانتيگراد بالا برد .

بعضي از جوشكارها براي ايجاد حرارت بيشتر و سرد شدن آرامتر فلز جوش مبادرت به ايجاد حوضچه هاي جوش بزرگ و گود مي كنند . واضح است كه هر چه حجم مذاب بيشتر باشد آرامتر سرد مي شود و طبيعتا در حوضچه گرد از تمركز تنش در گوشه ها جلوگيري مي شود، اين كه براي كاهش تركيدگي تدبير مناسبي است . اما نبايد مشكل ديگر يعني خلل و فرج را در جوش فراموش كرد . هر چه حوضچه مذاب وسيع تر و عميق تر باشد اولا احتمال هواس هوا و عدم محافظت كامل مذاب توسط قوس يا شعله كمتر مي گردد . ثانيا عمق زياد مذاب احتمال مبحوس شدن حبابهاي گاز را افزايش مي دهد ثالثا درصد ناخالصي ها نظير فسفر كه در فلز قطعه كار بيشتر الكترود است در فلز جوش افزايش يافته و كيفيت جوش را پايين مي آورد .

گاه براي آزاد كردن تنش هاي ايجاد شده ضمن جوشكاري انجام عمليات تنش زدايي بر روي قطعه كار ضروري است . درجه حرارت تنش زدايي نواحي مجاور جوش بايد بالاتر از درجه حرارت آن مناطق در ضم جوشكاري Inter pass temperature باشد . از آنجائيكه كاربيدها نمي توانند در 593 درجه سانتي گراد تجزيه شوند ، تنش زدايي تا اين درجه حرارت كافي نيست بلكه بايد تا 900^0c گرم كرده و سپس بسيار آرام سرد شوند . با اين عمل

ضمن تنش زدايي عمل نرم شدن نيز انجام مي گيرد كه در اين حالت كاهش استحكام و سختي قطعه نيز مورد نظر قرار مي گيرد .

يكي از تكنيک ها براي كاهش تنش ها كوبيدن يا چكش كاري فلز جوش پس از قطع قوس مي باشد ، البته اين عمل بايد با دقت و مهارت زياد انجام گيرد تا باعث شكسته شدن جوش نشود .

نكته ديگر كه بد نيست در اينجا اشاره اي به آن شود تنش هاي باقي ماند در قطعات ريختگي و ناهماهنگ گرم كردن قطعات با درجه مهار يا ممانعت بالا مي باشد . در بعضي قطعات ريختگي چدني با طرح پيچيده و خاص اگر بعد از ريختن تنش زدايي بر روي آن انجام نشود ، برخي نقاط و مواضع ممكن است داراي مقداري تنش پسماند باشد كه احتمالابا تنش هاي ناشي از جوشكاري جمع و تشديد شده ومنجر به شكست مي شود و در اين مواقع تنش زدايي قطعه ريخته شده قبل از جوشكاري مفيد است . پيش گرم كردن موضعي از قطعه بدون توجه به طرح و شكل آن و احتمالا عدم استقرار مناسب قطعه بر روي ميز كار يا زمين مي تواند باعث تمركز تنش در موضعي حتي دور تر از منطقه جوش شده و سبب ايجاد تركيدگي شود .

جوشكاري چدن با قوس الكتريكي محفوظ در گاز (TIG و MIG) : موفقيت هاي محدودي براي جوشكاري چدن با اين روش ها به دست آمده است

. دو نوع سيم تحت محافظت گاز آرگون و يا CO_2 به كار برده مي شوند . يک نوع سيم توخالي است كه در هسته آن پودر و فلاكس مخصوص قرار دارد . نوع دوم سيم هاي معمولي از جنس ENIFE-c مي باشد . در نوع اول سرباره و گاز و در نوع دوم فقط گاز عمل محافظت نوک الكترود و حوضچه هاي جوش را انجام مي دهد .

3- جوشكاري چدن با شعله اكسي استيلن يا جوش كاربيد : جوشكاري قطعات چدني با شعله اكسي استيلن بسيار متداول بوده و به طور وسيعي انجام مي گيرد . قطعات كوچک را تا 10 كيلو مي توان ابتدا با شعله پي گرم كرده (650 - 600 درجه سانتيگراد) و سپس عمليات جوشكاري بر روي آنها را انجام داد . قطعات بزرگ و سري را ابتدا در كوره با وسيله اي ديگر پيش گرم مي شوند .

يكي از محدوديت هاي اين فرايند عدم تمركز حرارت در مسير اتصال در مقايسه با روش قوس الكتريكي بوده و گاهي مكل پيچيدگي و تغييرات اندازه ها را سبب مي شود و به طور كلي حرارت زيادي تلف مي شود . اما از طرف ديگر سرعت سرد شدن فلز جوش كندتر از روش قوس الكتريكي بوده و احتمال سخت و ترد و الماسه شدن منطقه مجاور جوش كمتر است ، همچنين چون منبع حرارت و مفتول پر كننده به طور جداگانه قابل كنترل

است مي توان به هر نسبت كه لازم باشد از فلز قطعه كار يا مفتول ذوب كرده و فلز جوش را تشكيل داد .

شكل (2.41) روش دوختن يا بخيه زدن براي اتصال قطعات بزرگ چدني

در اين فرايند مي توان از مفتول چدني مرغوب با مينيمم گوگرد و فسفر يا مفتول مخصوص چدني همراه با مقداري تيتانيم و سيلسيم اضافي و احتمالا منيزيم استفاده كرد . اين مفتول ها مطابق با استاندارد AWS ، ASTM با دو مشخصه RCI (استحكام كششي – 14 17/5 kg mm^2 و RCI-A با كد هاي مختلف در بازار به فروش مي رسند . گاهي برش قطعات چدني موجود به صورت باريكه نيز استفاده مي شود . اين باريكه ها اگر قدري پهن باشند محافظت نوك آنها در شعله از اتمسفر هوا به خوبي امكان پذير نخواهد بود و احتمالا مقداري از كربن و سيلسيم آن خواهد سوخت كه بر روي كيفيت فلز جوش بي تاثير نيست .

براي محاغظت و جلوگيري از اكسيداسيون عناصر در جوش بهتر است از فلاكس ها يا تنه كارهاي مخصوص چدن استفاده كرد اين فلاكس ها يا تنه كارها به چند طريق استفاده مي شوند ، بعضي مواقع بر روي كار پاشيده مي شوند و يا از طريق فرو بردن مفتول گرم به داخل تنه كار مقداري از آن را داخل تنه جو منتقل مي كنند .

بايد توجه داشت مصرف زياد از حد تنه كار موجب محبوس شدن سرباره در داخل فلز جوش مي شود .

شعله مشعل يا پيک براي جوشكاري چدن بايد خنثي و يا كمي احيايي باشد . در عمل از مشعلي كه شعله متوسط يا سرعت بالا توليد مي كند استفاده شود . (شبيه آنچه در جوشكاري فولاد استفاده مي شود) از به كار بردن نوک مشعل يا نازل كه شعله پايين (شبيه آنچه در جوشكاري فلزات غير آهني به كار مي رود) ايجاد كند جلوگيري شود . مشعل و مفتول بايد در تكنيک دست عقب (Back Hand right ward) شكل (106.1) نگه داشته شود تا از روان شدن فلز جوش به منطقه دور از حفاظت شعله جلوگيري كند . به علاوه هنگام شروع . پايان عمليات جوشكاري در لبه ها بايد دقت و مهارت خاصي به كار رود تا از روان شدن مذاب به علت سياليت خوب چدن مذاب اجتناب شود .

بهترين حالت ، رسوب لايه جوش به ضخامت كمتر از 3/75 ميلي متر است . آماده كردن لبه اتصال دو قطعه يا برداشتن كامل عيوب ريخته گري يا سنگ ماشين در اينجا نيز ضروري است . زاويه پخ يا شكاف 90 تا 120 درجه پيشنهاد مي شود . در محل جوش بايد فضاي كافي براي سهولت حركت نوک مشعل وجود داشته باشد . اگر بايد سوراخ عميقي تعمير شود لازم است ابتدا سورا خ به اندازه

كافي گشاد شود تا از خطر برگشت شعله به داخل مشعل Fire back جلوگيري شود . جوشكار ماهر مي تواند آن قسمت از ناخالصي ها يا عيوبي كه تميز نشده است را در ضمن جوشكاري توسط تمركز شعله مشعل و ضربه زدن با نوك مفتول به محل عيب يا ناخالصي تا حدودي برطرف كند . البته اين عمل نياز به مهارت و تجربه دارد .

پس از عمليات جوشكاري و براي تنش زدايي راه ساده قرار دادن قطعه در لايه مقواي نسوز Asbestos و يا شن خشك و يا خاكستر گرم مي باشد تا موضع جوش و مناطق اطراف آرامتر سرد شوند وگرنه سرذد شدن سريع ايجاد تنش هاي حرارتي كرده و احتمالا سبب شكستن محل جوش يا منطقه مجاور آن مي شود . عمليات تنش زدايي در بعضي قطعات كه كاربرد خاص دارند اهميت بيشتري دارد . در اين مواقع بايد قطعه را حدود يک ساعت براي هر 2/5 سانتيمتر ضخامت در كوره با درجه حرارت 620- 593 قرار داد و سپس درجه حرارت آن با سرعت 10 درجه در هر ساعت تا 370 درجه كاهش داد و سپس در هوا سرد نمود . اين عمليات احتمال پيچيدگي يا تغيير ابعاد قطعه را پس از ماشين كاري و ضمن كار كاهش مي دهد . نكاتي كه در مورد تنش زدايي قطعه ريخته شده قبل از جوشكاري و يكنواخت گرم كردن كل قطعه براي

جلوگيري از احتمال تركيدگي قبلا بحث شد . در اينجا نيز صادق بوده و بايد رعايت شود .

4- جوش برنج Brass welding : به علت عدم هم رنگي موضع اتصال زرد با بقيه كار (متمايل به سياه) معمولا كمتر از جوش برنج و يا زر جوش براي تعمير قطعات نو استفاده مي شود . اما اين روش براي تعميرات قطعات فرسوده در قسمت هاي ديگر به طور وسيعي به كار مي رود . جوش برنج در مواردي كه مساله خوردگي و تنش هاي حرارتي مطرح باشد كمتر مورد توجه قرار مي گيرد . در اين رو از مفتول هاي گروه Rcu Zn و يا برنز آلومينيوم استفاده مي شود . فلاكس و يا تنه كار ممكن است بر روي سيم جوش به صورت روپوش موجود بوده و يا به طور جداگانه به كار برده شود . نقطه ذوب مفتول چند صد درجه سانتي گراد پايين تر از نقطه ذوب چدن خاكستري است . اغلب قطعه كار را تا 650 - 600 درجه سانتيگراد پيش گرم مي كنند تا هنگام جوشكاري درجه حرارت سطح قطعه زودتر به حد مناسب براي عمليات برسد . ضمن جوشكاري شعله را آنقدر بر روي مسير اتصال قرار مي دهند تا ذوب سطحي يا اصطلاحا عرق نشستن شروع شود . سپس با نزديک كردن مفتول آغشته به تنه كار به موضع اتصال مقداري از مفتول ذوب شده به محل مورد نظر منتقل مي كنند . جوشكارماهر در اين فرايند سعي مي كند

حدالمقدور از ذوب شدن زياد از حد قطعه كار جلوگيري كند و مي توان گفت 90 درصد از فلز جوش از جنس مفتول است . در اين عمليات نيز بايد كوشش كرد تا منطقه گرم شده آرام سرد شود .

5- لحيم كاري سخت بر روي چدن Brazing :

لحيم سخت هم در اتصالات و تعميرات قطعات چدني به ويژه اتصال آنها به فلز ديگر نظير فولاد و مس متداول است . در اينجا تنها مشكل وجود گرافيت آزاد در سطح اتصال است كه گاهي مشكلاتي به وجود مي آورد . غالبا از طريق سوزاندن يا شعله اكسيدي يا غوطه ور كردن در نمک هاي مذاب مخصوص يا از طرق الكتروشيميايي ذرات گرافيک سطحي زدوده مي شوند اصل اتصال در اينجا بر اساس نفوذ لحيم مذاب در درز اتصال بر اساس خاصيت مويينگي و كشش سطحي و احتمالا نفوذ و اتصال اتمي مي باشد . روش عمليات تقريبا شبيه آنچه است كه در جوش برنج اشاره شد با اين تفاوت كه آلياژ مفتول داراي نقطه ذوب نسبتا پايين تري بوده (حدود 700 درجه و يا حتي پايين تر) و يرحخ اتصال لبه روي هم Lap مي باشد طبيعتا مقدار حرارت كمتري در اين فرايند لازم است و چون درجه حرارت تغييير فاز در دياگرام آهن كربن معمولا بالاتر يا حدود 760 درجه است مشكي ايجاد فاز هاي ترد و شكننده در

منطقه مجاور جوش و احيانا الماسه شدن و ترک برداشتن در اين مناطق کاهش مي يابد . از اين نظر (متالوژيکي) فرايند لحيم سخت مورد توجه است اما بايد در نظر داشت که استحکام اتصال چندان زياد نيست . معمولا براي دستيابي به اتصال بيشتر از آلياژهاي نقره برنز به عنوان سيم ليحيم استفاده مي کنند که نقطه جاري شدن آنها از 760 درجه تجاوز نمي کند . اما اين نوع مفتول ها معمولا گران هستند .

25-2-جوشکاری چدن های چکش خوار و نشکن

چدن هاي ماليبل تحت سيکل عمليات حرارتي معيني بر روي چدن سفيد يا تبريدي با ترکيب شيميايي خا تهيه مي شوند . گرافيت هاي آزاد شده طي اين سيکل حرارتي به صورت برفکي مجتمع مي شوند و قابليت شکل پذيري و چکش خواري بهتري نسبت به چدن خاکستري (گرافيت ورقه اي) را ايجاد ميکنند . عمليات جوشکاري روي اين چدن ها را بدون تغيير خواص منطقه مجاور جوش تقريبا نا ممکن است . بدين معني که گرم شدن منطقه مجاور جوش تقريبا نا ممکن است . بدين معني که گرم شدن منطقه مجاور جوش (عبور از درجه حرارت بحراني) و سرد شذن آن ، منطقه تردي به وجود مي آيد که حتي با عمليات حرارتي

ممکن است فقط گرافیت به صورت ورقه اي نه به شکل برفکي آزاد شود در نتیجه چکش خواري ان منطقه به پاي خواص ا.ولیه نخواهد رسید . در مورد چدن با گرافیت کروي هم مشکلات مشابه وجود دارد .

چدن مالیبل و چدن نشکن در ردیف گسترده اي از خواص مکانیکي در صنعت تولید مي شوند . اگرچه اغلب آنها قابل جوشکاري هستند ولي بهترین نتایج با انواع آنها که استحکام کمتري دارند به دست مي آید . رسیدن به فلز جوش با استحکام مشابه تا $42kg/mm^2$ امکان پذیر است .اما اگر استحکام چدن بالاتر باشد دستیابي به فلز جو با استحکام مشابه مشکل است . از نظر انعطاف پذیري نیز نمي توان به خواص مشابهي دست $ENiFe\text{-}C_1$ یافت . در قطعاتي که درجه مهار یا ممانعت کم باشد مي‌توان از الکترودهاي $ENi\ C_1$ استفاده کرد

درحالت هایي که درجه مهار یا ممانعت بیشتر و انعطاف پذیري و استحکام بالایي مورد تقاضاست الکترد هاي $ENiFe\text{-}C_1$ ترجیح داده مي شود پیش گرم کردن 200 تا 500 درجه سانتیگراد و استفاده از شدت جریان با آمپر پایین و عملیات حرارتي بعد از جوشکاري کمک مي کند تا جوش با کیفیت خوبي به دست بیاید .

از روش جوشكاري با كاربيد ، جوش برنج ، لحيم سخت و كليه توضيحات وتكنيک هايي كه در مورد جوشكاري چدن خاكستري بحث شد نيز براي جوشكاري قطعات چدن ماليبل و نشكن از الكترودهاي فسفر – برنز نيز در برخي موارد استفاده مي شود .

و همانطور كه ضمن مطالب اين بحث اشاره شد قطعات چدني را مي‌توان به قطعات فولادي يا مسي و بعضي آلياژهاي ديگر از طرق لحيم‌كاري سخت و لايه دادن Buttering با الكترود مناسب متصل كرد.