**Проценко Петро Прокопович. Підвищення холодостійкості зварних з'єднань термічно зміцнених кремнієвомарганцевих сталей. : Дис... канд. наук: 05.03.06 – 2002**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Проценко П.П. Підвищення холодостійкості зварних з'єднань термічно зміцнених кремнієвомарганцевих сталей. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – «Зварювання та споріднені технології». – Інститут електрозварювання ім.Е.О.Патона НАН України, Київ, 2002 р.  Дисертація присвячена вирішенню наукової задачі забезпечення працездатності зварних з'єднань у конструкціях з низьколегованих кремнієвомарганцевих термозміцнених сталей в умовах експлуатації при низьких температурах до –70С. Розвинуті уявлення про закономірності впливу легуючих елементів на структуру і властивості металу шва, стійкість горіння дуги і характеристики переносу електродного металу. Розроблено оптимальні склади і вивчено зварювально-технологічні характеристики комплексно легованих електродних дротів Св-08ХГ2СНМТ і Св-08ХГНМТ, що забезпечують необхідну міцність і високу ударну в'язкість металу шва при температурах експлуатації аж до –70С. Досліджено особливості формування структури і властивостей металу ЗТВ в умовах термічного циклу зварювання, оцінено опірність металу ЗТВ утворенню холодних тріщин і вивчено вплив нагрівання при зварюванні на холодостійкість металу ЗТВ. Виявлено нові технологічні можливості процесу імпульсного дводугового зварювання. Розроблені вихідні положення й узагальнені технологічні рекомендації пройшли дослідно-промислову перевірку на ряді підприємств, що виготовляють відповідальні металоконструкції з холодостійких низьколегованих сталей підвищеної міцності. | |
| |  | | --- | | 1. Вивчено характер впливу на міцність і холодостійкість металу шва кожного з ряду легуючих елементів – Mn, Si, Cr, Ni, Mo, Ti – для випадку їхнього спільного введення в зварювальну ванну в невеликих кількостях. На основі обробки експериментальних даних методом багатомірного регресійного аналізу показано, що ступінь впливу окремого елементу значною мірою залежить від вмісту інших елементів і в більшості випадків зменшується з підвищенням його концентрації. Показано високу ефективність модифікуючого впливу титану за рахунок здрібнювання мікроструктури і поліпшення форми неметалічних включень. Встановлено межі раціональних концентрацій легуючих елементів у металі шва (%): С-0,06…0,08; Si-0,2…0,5; Mn-0,9…1,1; Cr-0,5…0,6; Ni-0,6…0,7; Mo-0,25…0,35 і Ti-0,04…0,08.  2. З метою оптимізації складу зварювального дроту проведені дослідження з вивчення термодинамічної активності в бінарних і багатокомпонентних розплавах на основі заліза основних легуючих елементів системи ХГСНМТ, впливу цих елементів на ефективний потенціал іонізації зазначеної системи, на сталість процесу дугового зварювання в захисних газах (СО2, Ar+СО2) і характеристики переносу електродного металу в цих умовах. Встановлено, що в розплавах заліза коефіцієнт активності всіх основних легуючих елементів, за винятком молібдену, знижується з підвищенням їх концентрації. При тому самому невеликому вмісті будь-якого елемента його активність підвищується на 1-2 порядки за рахунок введення інших елементів (наприклад, активність Si при доданні Mn, Cr, Ni, Mo, Ti чи активність Mo при введенні хрому). Встановлені можливості зниження ефективного потенціалу іонізації атмосфери дуги за рахунок введення Cr, Ti, Al, Zr. У цьому відношенні Si, Mn, Ni і Mo індиферентні і підвищення концентрації будь-якого елемента з цієї групи практично не позначається на величині розривної довжини дуги. Отримані дані у своїй сукупності підтверджують справедливість наукового положення про доцільність комплексного легування зварювального дроту при невисоких концентраціях елементів стосовно до дослідженої системи легування ХГСНМТ.  3. На прикладі характерної термозміцненої сталі 09Г2СЮч шляхом комплексних досліджень з побудовою термокінетичної діаграми перетворення аустеніту і зіставлення структури і властивостей металу ЗТВ доведена доцільність керування параметрами термічного циклу зварювання не тільки на вітці охолодження, але також на вітці нагрівання для зменшення інтенсивності росту зерен і запобігання завершенню процесу гомогенізації аустеніту. Встановлено області оптимальних швидкостей охолодження в діапазоні температур найменшої стійкості аустеніту 5,5С/сW6/535С/с і погонних енергій механізованого зварювання в залежності від товщини металу, що зварюється, у межах 10…36 кДж/см з погляду забезпечення необхідного рівня ударної в'язкості за Шарпі при низьких температурах аж до –70С.  4. Встановлено, що показники механічних властивостей і холодостійкості металу ЗТВ зварних з'єднань низьколегованих термічно зміцнених сталей (s0,2 = 450…520 МПа) у більшій мірі залежать від параметрів термічного циклу зварювання, ніж відповідні службові характеристики конструкційних сталей аналогічного хімічного складу без термічного зміцнення. Шляхом металографічних досліджень зварних з'єднань таких сталей і за допомогою імітації термічних циклів зварювання в поєднанні з оцінкою ударної в'язкості зразків при гострому надрізі встановлено, що головною причиною знеміцнення на 25…35% та зниження холодостійкості основного металу в ЗТВ є формування грубозернистої феритно-бейнітної структури і значної кількості вільної феритної фази в умовах зварювання з великим тепловкладенням.  5. Експериментальним шляхом зі створенням спеціальної дослідної установки показано, що задача розширення технологічних можливостей зварювання плавленням ефективно вирішується за допомогою процесу імпульсного дводугового зварювання в СО2 з роздільною і почерговою подачею імпульсів струму на електрично ізольовані один від одного електроди, дуги яких утворюють загальну зварювальну ванну. Встановлено, що такий процес дозволяє збільшити швидкість нагрівання металу ЗТВ більш ніж на порядок і зменшити час його перебування в області підсолідусних температур у 1,5-3 рази в порівнянні з традиційним однодуговим зварюванням у вуглекислому газі. Визначено область технологічних режимів імпульсного дводугового зварювання термозміцнених кремнієвомарганцевих сталей, при яких стабільно забезпечується значення ударної в'язкості металу ЗТВ при –70С не менше 40 Дж/см2 за Шарпі, що відповідає вимогам високої холодостійкості зварних з'єднань.  6. Встановлено факт схильності зварних з'єднань досліджуваних сталей до уповільненого руйнування і вивчено взаємозв'язок між критичною напругою руйнування під тривалим впливом навантаження, характером структури ЗТВ і вмістом дифузійно-рухливого водню. Доведено, що для запобігання холодним тріщинам у зварних з'єднаннях при типовій феритно-бейнітно-мартенситній структурі металу ЗТВ вміст дифузійного водню не повинен перевищувати 7 мл на 100 г наплавленого металу.  7. На основі результатів досліджень розроблені вихідні положення з технології механізованого дугового зварювання низьколегованих кремнієвомарганцевих термозміцнених сталей із границею текучості 450...520 МПа, що включають нові електродні дроти марок Св–08ХГ2СНМТ та Св–08ХГНМТ, узагальнені рекомендації з техніки і режимів зварювання зазначених сталей. | |