

т.д.

Лаборатория реконструирована и обновлена, все оборудование производственного комплекса модернизировано и находится в рабочем состоянии.

На кафедре обработки металла давлением совместно с лабораторией в производственной кооперации с ЗАО «ЮжТехнология» разработаны и опробованы в опытном производстве современные методы формования порошковых композиционных материалов с заданной пористостью, позволяющие проектировать и изготавливать изделия со специальными антифрикционными свойствами, различные композиционные материалы, изделия со специальными заранее заданными свойствами. Существует возможность разработки новых и технологий, особенно в направлении производства изделий методами порошковой металлургии с отработкой геометрии, получением деталей необходимых размеров с заданной точностью и обеспечением механических характеристик изделий под заказ.

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ ХЛАДОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ
С КАРБОНИТРИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ ДЛЯ ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЙ
ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ**

*Рабинович А.В., Трезубенко Г.Н., Бубликов Ю.А., Поляков Г.А.,
Пучиков А.В., Катрич А.А., Лелеко Д.В.
Национальная металлургическая академия Украины*

Главным резервом повышения долговечности и надежности продукции машиностроения является применение сталей, обладающих как в литом, так и в деформированных состояниях комплексом высоких технологических и эксплуатационных свойств – прочностью, вязкостью, сопротивлением усталостному разрушению, свариваемостью, хладо- и коррозионной стойкостью.

Основным направлением решения этой задачи в мировой практике является увеличение степени легированности стали, что далеко не всегда обеспечивает их конкурентоспособность в связи с резким ростом стоимости металлопродукции. Именно по этой причине существенно ограничивается область и объемы применения перспективных сталей с карбонитридным упрочнением, в которые вводят не только относительно недорогие марганец и кремний, а и дорогостоящие и дефицитные в Украине хром, никель и, как правило, ванадий.

Независимо от степени легирования сталей этого класса основной вклад в обеспечение комплекса перечисленных выше требований вносят карбонитриды ванадия, регулирующие зеренную микроструктуру металла. При этом

дисперсность и количество этой избыточной фазы определяется не столько уровнем концентраций и соотношением фазообразующих элементов, сколько температурными режимами термической обработки.

Нами предложена замена дорогостоящего и дефицитного ванадия в азотсодержащих конструкционных сталях титаном в комплексе с алюминием, что принципиально меняет механизм формирования микроструктуры, так как нитриды титана образуются уже при кристаллизации и регулируют рост зерна литого металла.

Металлографическим и рентгеноспектральными методами показано, что избыточные азотсодержащие фазы в новых литых сталях представлены карбонитридом титана $Ti(C,N)$, нитридом алюминия AlN и комплекса указанных фаз. Их размер колеблется в очень широких пределах: от 10 нм до 10-12 мкм. Относительно крупные частицы карбонитрида титана имеют правильную прямоугольную форму и именно они регулируют размер зерна литого металла при кристаллизации. Очень мелкие частицы $Ti(C,N)$ размером 15-20 нм частично могут формироваться и в твердом состоянии. Нитриды алюминия образуются при охлаждении уже закристаллизовавшегося металла, а также при горячей деформации или при термической обработке, и имеют размеры от 40 до 200 нм (реже до 500 нм) при максимальном количестве частиц размера 60-100 нм. Комплексные частицы, как правило, представлены высокотемпературным карбонитридом титана в центре с оторочкой из вторичного нитрида алюминия. Результирующий размер этих частиц составляет от 100-150 нм до 1-2 мкм. Мелкие частицы всех трех типов эффективно измельчают ферритное зерно. Их наличие допускает высокотемпературную термическую обработку стали и ее сварку без опасности чрезмерного роста аустенитного зерна и последующего ухудшения комплекса механических свойств металла.

В условиях Кременчугского сталелитейного завода, Миргородского завода литой трубопроводной арматуры ПНЦ в широких промышленных масштабах подтверждена возможность производства низколегированных хладостойких сталей с карбонитридным упрочнением для литых изделий повышенной прочности.

Установлено, что комплексное модифицирование низколегированных хладостойких сталей (например, 20ГЛ, 15ГСЛ) азотом, титаном и алюминием стабильно обеспечивает:

- измельчение зерна металла до 8 – 9 балла;
- полное отсутствие неметаллических включений II типа;
- увеличение предела текучести в нормализованном состоянии на 30-50 МПа, а после закалки и высокого отпуска – на 60-150 МПа;
- повышение циклической долговечности литого металла не менее чем в 1,7 раза.

По результатам усталостных испытаний опытно-промышленных образ-

цов отливок «Балка надрессорная» и «Рама боковая» из стали 20ГЛ с карбонитридным упрочнением коэффициент запаса усталостной прочности составляет 2,29 и 2,03, соответственно, что отвечает требованиям к грузовым вагонам нового поколения.

Показано, что литые низколегированные стали, комплексно микролегированные азотом, титаном и алюминием (типа АТЮЛ), обладают уникальным комплексом свойств, превосходящим отечественные и зарубежные аналоги. Например, сталь 15ГСАТЮЛ имеет $\sigma_t \geq 400$ МПа, $KCV^{60} \geq 29,4$ Дж/см² при углеродном эквиваленте не более 0,43. При этом высокие значения прочности и ударной вязкости обеспечивают эксплуатационную надежность даже в экстремальных условиях крайнего Севера, а также позволяют существенно уменьшать металлоемкость используемого литья. Низкий углеродный эквивалент литых сталей типа АТЮЛ позволяет проводить сварные работы (например, варку запорной литой арматуры в трубопровод) в «полевых» условиях, исключая подогрев с последующей термообработкой.

ПОВЫШЕНИЕ АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ФУТЕРОВОЧНЫХ ПЛИТ ТЕЧЕК ПАО «ММК ИМ. ИЛЬИЧА»

Малинов Л.С., Солидор Н.А., Милентьев В.А.

Приазовский государственный технический университет

На металлургических комбинатах в качестве литой износостойкой стали используется 70ХЛ. Для этой стали наиболее часто применяется нормализация с 860 °С и высокий отпуск (650 °С, 1 ч), обеспечивающие хорошую механическую обработку. Однако долговечность деталей из рассматриваемой стали зачастую неудовлетворительна, что вызывает необходимость изготавливать большое количество сменно-запасных частей. В связи с этим повышение износостойкости стали 70ХЛ является важной задачей, обеспечивающей ресурсосбережение. С целью повышения долговечности быстроизнашивающихся при абразивном воздействии футеровочных плит течек аглофабрики ПАО «ММК им. Ильича» сотрудниками ГВУЗ «ПГТУ» была разработана микролегированная ванадием и титаном сталь 75ХФТЛ.

Из ранее выполненных исследований известно, что наиболее высокую абразивную износостойкость обеспечивает структура, представляющая собой отпущенный мартенсит, метастабильный аустенит и карбиды ванадия, титана и ниобия. Однако в сталях близких по содержанию углерода к эвтектоидному составу такую структуру обычно не получают. В работе проводились исследования по влиянию термической обработки новой стали на ее абразивную износостойкость. Термическая обработка включала в себя

закалку в масле от различных температур в интервале 850-1050 °С и отпуск при 200 °С в течение 1 ч.

В исследованиях использовались рентгеновский и металлографический методы. Рентгеноструктурный анализ стали проводили на аппарате ДРОН-3 в железном K_{α} излучении. Испытание на абразивное изнашивание осуществлялось на установке типа Бринелля-Хаурта.

Полученные результаты позволили определить оптимальную температуру нагрева под закалку, которая составляет 960 °С. В результате после низкого отпуска в структуре наряду с мартенситом и карбидами титана и ванадия получено 25-30 % остаточного аустенита. Более низкая температура нагрева под закалку, чем оптимальная, приводит к получению меньшего его количества, а более высокая температура аустенитизации – уменьшает количество карбидов в структуре, увеличивает долю остаточного аустенита, но повышает его стабильность по отношению к динамическому мартенситному превращению. Закалка с оптимальной температуры и низкий отпуск повышают абразивную износостойкость стали 75ХФТЛ на 25-30 % по сравнению с термообработкой, обеспечивающей получение структуры мартенсита отпуска и карбидов. Новая технология термообработки футеровочных плит течек, отливаемых из стали 75ХФТЛ, внедрена в РМЦ 1 комбината.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ВОЗДЕЙСТВИЕМ УПРАВЛЯЮЩИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Размышляев А.Д., Миронова М.В.

Приазовский государственный технический университет

При сварке и наплавке используют продольные и поперечные магнитные поля. Для уточнения эффективности применения таких полей при дуговой наплавке под флюсом выполнены исследования, результаты которых приведены ниже.

Применительно к использованию продольного магнитного поля (ПРМП) разработана математическая модель поведения капли на торце электрода, которая позволила определить оптимальные параметры ПРМП, обеспечивающие удаление капли и повышение коэффициента расплавления электрода при дуговой наплавке. Установлено, что коэффициент расплавления электрода в ПРМП зависит от магнитных свойств материала электрода, возрастая при увеличении магнитной проницаемости материала. Это наблюдается при наплавке в постоянном и переменном, в том числе и частотой 50 Гц ПРМП проволоками сплошного сечения и порошковыми проволоками, имеющими