



The investigation results of the cast electroslag steel of grade 20X13, produced by means of centrifugal casting after thermal treatment with different regimes of heating and cooling, are given.

The possibility of receiving of the cast steels mechanical characteristics on the level, compared well with forged metal due to correct choice of thermotreatment regimes, in view of peculiarity of the chemical frequency and fine structure of metal, received by method of centrifugal electroslag casting, is shown.

С. Н. ЖЕРЕБЦОВ, ЗАО «Омский завод специальных изделий»

УДК 669.187.56:00.15

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЛИТОЙ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СТАЛИ

В газовой и нефтехимической промышленности, в машиностроении широко применяется марка стали мартенситно-ферритного класса 20X13 по ГОСТ 5632-72 со следующим содержанием химических элементов: С=0,16–0,25%; Si=0,20–0,80; Mn=0,30–0,80; Cr=12–14; S≤0,030; P≤0,030%.

Из Ст. 20X13 изготавливают детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам: турбинные лопатки, клапаны гидравлических прессов, штоки, валы, цилиндры, фитинги, арматуру крекинг-установок, фланцы, а также изделия, подвергающиеся действию относительно слабых агрессивных сред.

Наибольшая коррозионная стойкость достигается после термической обработки (закалка с отпуском) и полировкой изделия с рекомендуемыми режимами термообработки: отжиг при 940–960°C, закалка 1040–1060°C, охлаждение в масле или на воздухе, отпуск при 740–760°C, охлаждение на воздухе.

Литой металл открытой выплавки, несмотря на соблюдение всего технологического процесса при его производстве в конечном продукте, имеет крупнозернистую структуру, неравномерную концентрацию элементов и включений, неравномерное распределение структурных составляющих, значительные литейные напряжения по всему объему отливки, что ухудшает служебные свойства изделия. Поэтому физико-механические свойства отливок в нетермообработанном состоянии отличаются низкими показателями, особенно пластичностью и ударной вязкостью.

При получении изделия для улучшения ряда служебных свойств литого металла его подвергают пластической деформации (ковка), а затем стандартной термической обработке. Деформация приводит к дроблению первичной крупнозернистой структуры и разобщению участков скопления неметаллических включений, которые располагаются на границах кристаллов. Задача термической обработки изделия состоит в улучшении физико-механических свойств металла и долговременной стабилизации этих показателей.

С использованием технологии центробежного электрошлакового литья (ЦЭШЛ) была отлита партия заготовок втулок для цилиндров, исполь-

зуемых в нефтехимическом производстве [1]. Переплавы осуществляли на установке А-550-У, использовали сварочный трансформатор марки ТШС-3000-1 номинальной мощности 140 кВт. Переплавы проводили при $J_{cb}=2700-2800$ А, $U_{cb}=40$ В. Масса расплавленного металла составила 52 кг, время перепада – 43 мин. Для перепада использовали флюс следующего химического состава: CaF₂ – 47%; Al₂O₃ – 23; SiO₂ – 10; MgO – 10%. Масса использованного флюса на одну плавку составила 8 кг. Заливку осуществляли в металлический кокиль, установленный на план-шайбе центробежной машины при частоте вращения $n=780$ об/мин. Припуски под механическую обработку цилиндрической втулки составили по наружному диаметру 3–4 мм, по внутреннему – 10–15 мм. Поверхность отливки получилась ровная, без видимых литейных дефектов. Толщина шлакового гарнисажа составила по наружному диаметру 1,8–2,2 мм, по внутреннему – 15–20 мм. КИМ составляет 0,6–0,8.

Особенностью литого электрошлакового металла является то, что для придания ему свойств уровня ковального металла его не надо подвергать горячей деформации, достаточно применить соответствующую термическую обработку [2]. Крупнозернистая первичная структура электрошлаковых отливок не является помехой для получения заданных служебных свойств. Это связано с тем, что на границах первичных кристаллов в отливках ЭШЛ нет скоплений ликвантов и неметаллических включений или их концентрация незначительна [3]. Границы кристаллов чисты, поэтому с точки зрения хрупких разрушений они не представляют опасности, как в литом металле, полученном открытой выплавкой.

В настоящее время термической обработке электрошлакового металла уделяется недостаточно внимания, особенно сталям со сложным химическим составом. Из-за отсутствия хорошо разработанной теории термической обработки литого электрошлакового металла, а также в связи с особенностями его структуры, незначительным влиянием низкого содержания и равномерным распределением вредных примесей плотности назначались режимы, как правило, применяемые в производстве деталей

из кованого металла или обычных отливок. В результате на практике не всегда и не сразу удавалось получать отливки из сталей с требуемыми свойствами, приходилось проводить целый ряд опытных термообработок для нахождения нужного режима нагрева и охлаждения.

А между тем даже небольшая корректировка режима термообработки приводит к существенному улучшению свойств литого электрошлакового металла. Термическая обработка этого металла должна назначаться с учетом того, что он обладает высокой плотностью, химически однороден, не имеет выраженной дендритной и тем более зональной ликвидации; гораздо чище, чем металл открытой выплавки, и вследствие этого обладает большим запасом пластичности. Чистые границы кристаллов не препятствуют изменению размеров первичных зерен и процессам диффузии между ними.

Задача термической обработки литого электрошлакового металла в известной мере облегча-

ется тем, что он уже и в нетермообработанном состоянии обладает достаточно высокими и в значительной мере более стабильными физико-механическими свойствами по сравнению с металлом открытой выплавки. При термической обработке литого электрошлакового металла хорошие результаты дает применение гомогенизирующего отжига. Однако его продолжительность существенно меньше, чем в случае литого металла открытой выплавки, так как чистые границы кристаллов не препятствуют процессам диффузии, а химическая однородность достаточно высока [4].

Последующая ступенчатая термическая обработка способствует измельчению вторичного зерна. Высокая пластичность литого электрошлакового металла во многих случаях дает возможность несколько снизить температуру отпуска и тем самым существенно улучшить прочностные свойства металла отливки, не опасаясь его охрупчивания (см. таблицу).

Механические свойства отливок. Ст.20Х13

Марка стали	Режим термообработки	σ_b , кгс/мм ²	σ_T , кг/мм ²	δ , %	Ψ , %	a_n , кгс·см/см ²	НВ
Требования ГОСТ 977-88 не менее	—	65,0	44,0	16,0	55,0	5,8	—
20Х13. В состоянии поставки (переплаваемый электрод). Круг диаметром 50 мм	—	96,0	72,0	21,0	64,0	13,0	301
20Х13Л. Индукционный переplав	Закалка 1050°С, 2 ч, охлаждение в масле. Отпуск 620°С, 3 ч, воздух	76,5	58,0	18,0	54,0	8,4	286
20Х13Ш (ЦЭШЛ)	Гомогенизация при 1050°С в течение 10 ч. Охлаждение – воздух. Отпуск 750°С, 3 ч	80,5	58,0	18,0	58,0	18,0	244
20Х13Ш (ЦЭШЛ)	Закалка 1050°С, 2 ч, охлаждение в масле. Отпуск 620°С, 3 ч, воздух	98,0	81,6	14,0	48,0	13,4	302

Результаты механических испытаний сталей заготовок втулок цилиндров, изготовленных методом ЦЭШЛ, в сравнении с прокатом, а также с металлом открытой индукционной плавки приведены в таблице. Сравнительный анализ показал значительное превосходство металла электрошлакового литья с последующей термической обработкой над металлом открытой выплавки и небольшое различие в пользу ЦЭШЛ по отношению к механическим свойствам кованого металла, проката. В целом свойства электрошлакового металла удовлетворяют предъявляемым требованиям при эксплуатации изделия, что позволяет использовать литые электрошлаковые заготовки проката или трубных заготовок. Кроме того, технология ЦЭШЛ обеспечивает оперативность выпуска различной номенклатуры изделий ответ-

ственного назначения, подведомственных Госгортехнадзору России.

Литература

1. Медовар Б.И., Шевцов В.Л. и др. Центробежное электрошлаковое литье гильз из сталей 2Х13 и 30ХГСН2А // Специальная электрометаллургия. Киев: Наукова думка, 1981. Вып.46. С. 39–42.
2. Андреев В.П., Восян В.В. и др. Влияние некоторых режимов термической обработки на свойства сварных соединений роторной заготовки диаметром 1500мм из стали 25ХНЗ МФА электрошлаковой выплавки // Рафинирующие переplавы. Киев: Наукова думка, 1975. Вып.2. С. 96–100.
3. Медовар Б.И., Цыкуленко А.В., Шевцов В.Л. и др. Металлургия электрошлакового переplавы. Киев: Наукова думка, 1986.
4. Бойко Г.А., Левицкий М.О. и др. Оптимизация термической обработки литого электрошлакового металла // Электрошлаковая технология. Киев: Наукова думка, 1983. С. 154–158.