

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.771.09

Губанов С.А., Чикишев Д.Н.

ОСОБЕННОСТИ КОМПОЗИЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТАЛИ ДЛЯ ЖЕСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ В УСЛОВИЯХ ПАО «ММК»

Аннотация. В отечественной отрасли производства жестяной тары в последние десятилетия происходят большие изменения. Прежде всего, эти изменения связаны с освоением и разработкой новых видов упаковки, изготавливаемых из жести, таких как: цельнотянутые двухсоставные банки, крышки *easy-open* и *twist-off*, декоративная упаковка с качественной цветной литографией, аэрозольные баллоны, банки для напитков и т.п. Освоение новых видов упаковки приводит к необходимости технического перевооружения производителей. Современные высокоточные и высокопроизводительные линии для производства жестяной тары предполагают использование жести с высокими требованиями к механическим свойствам. В данной статье показаны основные характеристики современной концепции легирования стали для производства жести. Описано влияние основных легирующих элементов на конечные механические свойства проката.

Ключевые слова: химический состав, жесть консервная, контролируемая прокатка, старение стали, колпаковый отжиг, непрерывный отжиг.

Жесть является сложным продуктом металлургического производства, для изготовления которого требуется задействование множества переделов. В условиях Магнитогорского металлургического комбината жесть изготавливается по следующему технологическому потоку: выплавка в конвертере и непрерывная разливка стали, прокатка полос шириной 1335-1880 мм на широкополосном стане горячей прокатки (ШСГП) 2000. Затем полоса подвергается травлению на непрерывно-травильном агрегате (НТА), после чего поступает на линию продольного роспуска (ЛПР), где производится симметричный или несимметричный продольный роспуск. Правая и левая половинки полосы поступают на 5-клетевой стан 1200, где производится прокатка на толщину 0,16-0,50 мм. Затем нагартованные рулоны поступают либо в термическое отделение колпаковых печей КП (где жесть предварительно подвергается очистке в агрегатах электролитического обезжиривания АЭО), либо в поток агрегата непрерывного отжига (АНО). Отожженные рулоны дрессируются на 2-клетевом стане и отправляются на агрегат электролитического лужения (АЭЛ).

Основными факторами, обеспечивающими механические свойства жести, являются:

- химический состав стали (содержание химических элементов и взаимное соотношение некоторых из них);
- режимы горячей прокатки на широкополосном стане (параметры нагрева сляба, температура конца прокатки и смотки, величина обжатия, параметры ускоренного охлаждения и т.п.);
- параметры рекристаллизационного отжига жести после холодной прокатки (температура нагрева, длительность выдержки, скорость охлаждения и т.п.);
- параметры дрессировки (удлинение, парамет-

ры натяжения и т.п.).

Основопологающим фактором, определяющим конечные свойства и параметры всего процесса производства, является химический состав стали. По ГОСТ 13345 жесть может изготавливаться из стали марок 08кп, 08пс, 10кп, 10пс с химическим составом, регламентируемым ГОСТ 1050. В условиях ПАО «ММК» для производства жести выплавляется сталь марки 08пс, однако существует ряд отличий химического состава стали от указанной в ГОСТ 1050. Во-первых, по справочнику сталей кислородно-конвертерного цеха ПАО ММК существует четкое разделение химического состава стали для жести, предназначенной для колпакового или непрерывного отжига, во-вторых, химический состав стали сформирован таким образом, чтобы соответствовать существующему уровню производственного оборудования для обеспечения необходимого уровня механических свойств.

Углерод (С) в стали оказывает упрочняющее воздействие на механические свойства, с этой целью его содержание ограничивают до 0,06% для жести колпакового отжига и до 0,03% для жести непрерывного отжига. Такое разделение связано с особенностями протекания термической обработки. Если в случае с колпаковым отжигом рулон в виде термически массивного тела подвергается нагреву в течение 36-38 ч и охлаждению в течение 56-60 ч, то весь процесс отжига в АНО происходит в течение 3-6 мин. Особенности непрерывного отжига (высокие скорости охлаждения) обуславливают склонность жести к старению, то есть изменение механических свойств в сторону повышения прочностных и уменьшения пластических характеристик. Процесс старения связан с передвижением растворенных атомов углерода и азота к имеющимся в структуре дислокациям, где происходит их скопление, блокирование свободных дислокаций примесями путем образования атомных атмо-

сфер (атмосфер Коттрелла).

Кремний (Si) является раскисляющим элементом при выплавке. Принято считать, что кремний оказывает упрочняющее действие, однако ряд литературных источников говорит о том, что содержание кремния повышает активность углерода и алюминия, благодаря чему происходит связывание углерода и азота в карбиды и нитриды, что в дальнейшем может положительно сказаться на снижении эффекта старения для жести непрерывного отжига.

Марганец (Mn), аналогично кремнию, является раскислителем при выплавке, так как связывает кислород в прочные соединения MnO. Марганец относится к упрочняющим элементам, однако его влияние следует рассматривать в первую очередь с тем, что содержание марганца определяет количество и морфологию сульфидных включений в стали. Для этого специально вводят специальный показатель $K = \text{Mn}/\text{S}$, который характеризует избыток марганца над количеством, необходимым для полного связывания серы. Снижение показателя K приводит к повышению неравномерности распределения сульфидных включений и, как следствие, к снижению пластичности и повышению склонности к старению. Для получения необходимого уровня механических свойств и минимизации эффекта старения значение показателя K должно быть не менее 0,24, то есть отношение Mn/S должно быть не менее 16. Повышение данных показателей целесообразно за счет снижения содержания серы в стали. В настоящее время содержание серы в марочнике ККЦ ММК ограничено на уровне не более 0,022%. Для улучшения механических свойств в дальнейшем необходимо ограничивать содержание серы на уровне не более 0,012 %.

Фосфор является вредной примесью, и его содержание в стали ограничивают на уровне не более 0,015%. Снижение содержания фосфора повышает пластические характеристики и уменьшает анизотропию механических свойств, что положительно сказывается при штамповке цельнотянутых банок.

Ещё одна важная группа химических элементов, оказывающая существенное влияние на механические свойства, – это содержание алюминия (Al), азота (N) и их соотношение. Азот аналогично углероду повышает склонность к старению. Азот плохо растворим в атомной решетке объемно центрированного куба α -Fe в области температур отжига, в результате чего при быстром охлаждении азот остается в объеме металла в виде твердого пересыщенного раствора внедрения. Атомы азота, аналогично атомам углерода, перемещаются в наиболее искаженные участки решетки вблизи дислокаций, в дальнейшем препятствуя их перемещению, при этом скорость диффузии атомов азота в 2 раза выше, чем у атомов углерода. С целью снижения содержания свободного азота в стали вводят Al для связывания в устойчивые нитриды алюминия AlN. На основе статистического анализа установлено, что для связывания свободного азота

отношение Al/N должно превышать 10. Преимуществом алюминия является то, что он не упрочняет сталь из-за того, что его атомный радиус практически равен атомному радиусу железа.

Для связывания свободного азота возможно применение титана (Ti) в стехиометрии $\text{Ti} = 3.4\text{N}$, однако в отличие от алюминия титан может сильно упрочнять сталь даже при незначительном избытке, и для отжига полосы, легированной титаном, необходимы более высокие температуры, что недостижимо в условиях производства жести на ПАО «ММК».

Следующая группа элементов – хром (Cr), никель (Ni), медь (Cu). Они являются остаточными элементами, попадающими при выплавке в сталь в основном из лома. Отрицательно влияют на пластические свойства стали, повышая твердость, предел текучести и временное сопротивление разрыву. Никель при этом ещё понижает температуру $\gamma \rightarrow \alpha$ – превращения, что приводит к изменению процессов протекающих при контролируемой прокатке.

Ванадий (V) и молибден (Mo) оказывают упрочнение за счёт выделения карбонитридов в ферритной области, и, как следствие, их повышенное содержание приводит к снижению пластичности жести. С этой целью необходимо ограничивать содержание V и Mo в стали на уровне $\sum(V, Mo) \leq 0.007\%$.

Для повышения пластических характеристик стали и улучшения штампуемости существуют концепции легирования бором (B) и цирконием (Zr), благодаря которым можно значительно снизить эффект старения. Однако применение этих химических элементов для жести на данный момент невозможно по следующим причинам:

1. Не изучено влияние бора и циркония на здоровье человека при взаимодействии жести с продуктами.

2. Бор и особенно цирконий являются дорогостоящими легирующими элементами, что отрицательно скажется на себестоимости жести.

Из всего представленного можно сделать вывод о том, что наиболее перспективными направлениями в совершенствовании механических свойств с помощью химического состава стали являются:

- снижение содержания в стали структурно-свободного азота путем легирования алюминием и обеспечение отношения Al/N на уровне не менее 10;
- снижение содержание серы и обеспечение коэффициента K на уровне не менее 0,24;
- снижение содержания упрочняющих элементов, таких как Cr, Ni, Cu, V, Mo.

Список литературы

1. Васильев Я.Д., Замогильный Р.А., Самокиш Д.Н. К определению рациональной толщины горячекатаного подката для производства тонкой жести методом одинарной прокатки // Черная металлургия. 2016. №12. С. 56-61.

2. Дьяконов А.А., Молева О.Н., Мельников Ю.А. Совершенствование технологии производства тонкой жести однократной прокатки // *Сталь*. 2012. №3. С. 34-35.
3. Литвиненко Д.А. Холоднокатаная нестарееющая сталь. М.: Металлургия, 1968, 168 с.
4. Дорогобид В. Г., Ильина Н.Н. Технология производства и механические свойства жести: учеб. пособие. Магнитогорск: МГТУ, 2002. 130 с.
5. Губанов С.А., Чикишев Д.Н. Ускоренное контролируемое охлаждение, применяемое на толстолистовых станах для производства высокопрочных сталей // *Калибровочное бюро: электрон. науч. журн.* Выпуск 3.1. 2014. С. 4-10. URL:<http://www.passdesign.ru/numbers/> (дата обращения: 30.04.2018).
6. Губанов С.А., Чикишев Д.Н. Контролируемая прокатка и ускоренное контролируемое на толстолистовом стане для производства трубных сталей // *Моделирование и развитие процессов ОМД*. 2014. №20. С. 207-215.
7. Губанов С.А., Чикишев Д.Н., Пустовойтов Д.О. Конечно-элементное моделирование процесса ускоренного охлаждения толстолиствого проката // *Современные тенденции в образовании и науке: сб. науч. тр. по материалам международной научно-практической конференции: в 14 ч.* Тамбов, 2014. С. 38-42.

Сведения об авторах

Губанов Сергей Александрович – аспирант кафедры технологий обработки материалов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: gybanov@inbox.ru

Чикишев Денис Николаевич – канд. техн. наук, профессор кафедры технологий обработки материалов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: chikishev_denis@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

FEATURES OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF STEEL FOR TIN BY PRODUCTION IN THE CONDITIONS OF PJSC MMK

Gubanov Sergey Aleksandrovich – graduate student Department of Material processing. Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: gybanov@inbox.ru

Chikishev Denis Nikolayevich – PhD (Eng.), professor Department of Metal Forming. Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: chikishev_denis@mail.ru

Abstract: *In the domestic industry of production of tin containers in recent decades, there have been great changes. First of all, these changes are associated with the development and development of new types of packaging made from tin, such as: seamless two-piece cans, easy-open and twist-off covers, decorative packaging with high-quality color lithography, aerosol cans, beverage cans.. The development of new types of packaging leads to the need for technical re-equipment of manufacturers. Modern high-speed and high-performance lines for the production of tin containers involve the use of tin with high demands on mechanical properties. This article shows the main characteristics of the modern concept of steel alloying for the production of tin. The influence of the main vanishing elements on the final properties of rolled products is described.*

Keywords: *chemical composition, tin-plate, controlled rolling, aging of steel, batch (box) annealing, continuous annealing.*

Ссылка на статью:

Губанов С.А., Чикишев Д.Н. Особенности композиции химического состава стали для жести при производстве в условиях ПАО «ММК» // *Теория и технология металлургического производства*. 2019. №3(30). С. 20-22.
Gubanov S.A., Chikishev D.N. Features of the chemical composition of steel for tin by production in the conditions of PJSC MMK. *Teoria i tehnologija metallurgiceskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2019, vol. 30, no. 3, pp. 20-22.

Теория и технология металлургического производства