

Ю.Т.Худик, Е.М.Рыбалка, Т.Е.Суровцева, Е.Б.Будилова

ОСНОВНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ УСКОРЕННО ОХЛАЖДЕННОГО И ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОГО ПРОКАТА

*Институт черной металлургии НАН Украины,
Национальный технический комитет по стандартизации в металлургии – 4*

В последние десятилетия наиболее динамично и масштабно развивались наукоемкое и перспективное в технологическом и экономическом отношении направление в черной металлургии – термическая обработка стальных изделий. Это обусловлено тем, что термическая обработка стали при строго и научно обоснованных параметрах режима производства позволяет получать изделия с необходимым комплексом свойств без повышенного и неоправданного расхода легирующих элементов за счет управления процессом структурообразования путем регулирования тепловых и временных параметров обработки.

Особенно эффективным оказался такой вид термической обработки, как упрочнение и ускоренное охлаждение проката с нагрева под прокатку в потоке прокатных станов. Используя тепло металла, нагретого до 1050–1150°C перед горячей деформацией, можно не только экономить энергоносители (около 340 кВтч электроэнергии на 1 т проката или 0,074 т условного топлива [1]), но и использовать эффект высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО), позволяющей одновременно повышать прочностные и вязко–пластические характеристики металла [2].

Термомеханическое упрочнение проката в потоке станов, явившееся технической революцией в прокатном производстве, впервые в мире было разработано в г.Днепропетровске (Институт черной металлургии – В.Я.Савенков, Ю.З.Борковский и др.), г.Донецке (Политехнический институт – В.М.Ивашенко, Е.С.Товпенец и др.), г.Москве (НИИЖБ – Н.М.Мулин, С.А.Мадатян и др.) под руководством академика К.Ф.Стародубова. Его научное видение, организаторский талант, способность решать масштабные задачи позволили специалистам из многих научных организаций и предприятий (Макеевский, Криворожский, Западно–Сибирский и Череповецкий меткомбинаты, УралНИИстроМ–проект, ЖБК «Рязаньжелезобетон» и др.) сплотиться в единый творческий коллектив и создать уникальное производство высокоэффективного проката и условия для его применения не только в стране, но и во всем мире.

Однако, какое бы технически эффективное производство ни было создано, оно может нормально функционировать при наличии разработанной в установленном порядке проектной, технологической и нормативной документации. Именно последняя определяет взаимоотношения между

потребителем и изготовителем и позволяет экономически обоснованно организовать производство и потребление продукции. Поэтому академик К.Ф.Стародубов уделял особое внимание разработке нормативной документации термически упрочненного проката с обоснованными требованиями к его качеству.

Стандартизаторы Института черной металлургии – ведущей организации в области термического упрочнения стали – сосредоточили свои усилия на создание межгосударственных и национальных стандартов на самые эффективные виды продукции черной металлургии – термически обработанный и ускоренно охлажденный прокат.

Одним из массовых видов проката является катанка, предназначенная для переработки методом волочения на холоднотянутую проволоку. При этом виде переработки для катанки большое значение имеют такие показатели, как сужение и количество окалины на поверхности проката. При этом важно не только абсолютное значение массы окалины на тонну продукции, но и ее равномерность по всей длине раската. Это связано с режимом травления, в результате которого не допускают перетравливание (реакции металла с травильным раствором) металла, или недотравленность проката (на поверхности проката остается окалина).

По данным [3], количество окалины на поверхности проката в наружных витках мотка достигает при охлаждении на воздухе 220 г/м^2 , а внутри мотка – 470 г/м^2 . Поэтому металлургами были приняты меры не только направленные на уменьшение количества окалины на поверхности проката путем его одно- и двухстадийного охлаждения, но и на повышение равномерности по сечению мотка. Это нашло свое отражение в положениях нормативной документации. Так в ДСТУ 3683–98 «Катанка стальная канатная. Технические условия» по сравнению с ОСТ 14–15–37–85 на этот же вид продукции не допускается поставка катанки, охлажденной на воздухе. При этом предусмотрено, что при одностадийном охлаждении масса окалины на поверхности проката не должна превышать 9 кг/т , а при двухстадийном – 6 кг/т .

В ДСТУ 3683–98 повышены требования к качеству проката – не допускаются рябизна и риски глубиной более $0,20 \text{ мм}$ и отдельные раскатанные пузыри глубиной более $0,15 \text{ мм}$. На поверхности проката не должно быть трещин, прокатных плен, деформационных рванин, закатов, усов и раскатанных загрязнений. Ограничивается разница между минимальным и максимальным значениями временного сопротивления катанки, охлажденной двухстадийным способом – 150 Н/мм^2 (15 кгс/мм^2). Ужесточены требования к структуре металла: в макроструктуре не допускается нарушение сплошности, вызванное усадочной раковинной, подусадочной рыхлостью, инородными металлическими и неметаллическими включениями. В микроструктуре наличие пластинчатого перлита в зависимости от способа охлаждения ограничено не менее 50 и 20 % (1–й балл по ГОСТ

8233–56), а в поверхностном слое не допускаются мартенситные и троостомартенситные участки. Общая глубина обезуглероженного слоя не должна превышать по диаметру 2,5 и 3,0 %.

Стандарт ДСТУ 3683–98 соответствует международным стандартам ISO 8457–1:1989 (Е) “Стальная катанка и допуски” и ISO 8457–2:1989(Е) “Стальная катанка. Требования к качеству катанки из нелегированной стали для изготовления проволоки”.

Взамен ОСТ 14–15–193–86 “Катанка из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия” разработан ГОСТ 30136–95, гармонизированный с международным стандартом ISO 8457/1–89. В стандарте, учитывая многоцелевое использование катанки с учетом ее прочностных и пластических свойств, было исключено разделение катанки по назначению: на перетяжку (П) и упаковку (У). В то же время надо отметить, что на катанку, используемую для упаковки труб большого диаметра на железнодорожных платформах, были разработаны отдельные технические условия (ТУ 4–15–222–90), в которых не только регламентировались прочностные и пластические характеристики металла, но и были приведены аналитические зависимости, позволяющие их определять в зависимости от химического состава стали и режима ее термообработки.

В 1999 г. введен в действие стандарт ДСТУ 3684–98 «Прокат из качественной конструкционной нелегированной и легированной стали для холодного выдавливания и высадки», гармонизированный с международным стандартом ISO 4954–93 «Стали для холодной высадки и холодного выдавливания». Настоящий стандарт распространяется на прокат подвергаемый холодной деформации волочением и горячекатаный прокат для изготовления подката. Оба вида проката предназначены для изготовления изделий методом холодной высадки и выдавливания. Как правило, этот прокат поставляют в термически обработанном (отожженном) состоянии по группам осадки – 1/2 (50 % первоначальной высоты), 1/3 (66 % высоты) и 1/4 (75 % высоты образца).

В стандарте приведены требования к служебным свойствам и характеристика проката

- из нелегированных марок стали, не предназначенных для термической обработки (сталь марок 08кп, 08, 10кп, 10, 15кп, 15, 20кп, 20, 11ЮА, 15ЮА, 20ЮА). Прокат из этих марок стали допускается поставлять после термической обработки – отжига. При этом твердость, например, для стали 08 снижается со 131 до 115 НВ, временное сопротивление – с 420 до 390 Н/мм² при неизменном показателе сужения – 60 %;

- из нелегированных и легированных сталей с термической обработкой и без нее (сталь марок 10, 15, 20, 10Х, 20Х, 12ХН, 15ХФ, 15ХМ, 15ХГНМ, 19ХГН). Отжиг при этом приводит к снижению временного сопротивления с 560 до 500 Н/мм² и твердости НВ со 187 до 163 для стали марки 20Х;

- из улучшаемых сталей марок 25, 35, 40, 30ХГСА, 40ХН, 40ХН2МА, 30ХЗМФ и др.;
- из стали с добавкой бора марок 30Г1Р, 27ХГР, 40ХГТР и др.

Отличительной чертой этого стандарта является наличие в приложениях сравнительных таблиц аналогов стали, поставляемой по ДСТУ, а также по ISO 4954, DIN 1654, EN 119. Так, например, стали марки 11ЮА соответствует сталь марок CC11A (ISO), QSt 36–3 (DIN), CB10FFKD (EN), цементируемой стали марки 20ХГНМ соответствуют стали марок 20 NiCr2E(ISO), 21NiCrMo2(DIN), 20NiCrMo2(EN).

Стандарт ДСТУ 3684–98 позволяет иметь информацию о свойствах проката для высадки, сравнение требований отечественной и зарубежной (международной) нормативной документации к его качеству, влиянии термической обработки на свойства продукции. Снижение временного сопротивления и твердости металла после термической обработки по нормам, установленным этим стандартом, позволяет существенно снизить энергозатраты при волочении и высадке (выдавливании), избежать нарушения сплошности на поверхности изделий при холодной деформации и повысить их надежность в процессе эксплуатации.

Анализ нормативной документации на ускоренно охлажденный и термически обработанный (отожженный) прокат позволил выявить следующую тенденцию развития производства:

- переход на производство только ускоренно охлажденной катанки;
- существенное повышение требований к качеству поверхности проката;
- повышение роли термической обработки проката, подвергнутого последующей пластической деформации;
- значительное сближение номенклатуры и уровня требований к качеству проката в национальных и зарубежных (международных) стандартах.

Внедрение новых прогрессивных способов производства нашло полное отражение в нормативной документации на продукцию, что способствовало расширению рынка ее сбыта. Одним из самых массовых видов проката черных металлов является прокат для армирования железобетонных конструкций и изделий. В 80–е годы объем его производства достигал 13 млн.т в год, что составляло 11 % всего производимого проката [4]. Особенность применения арматурного проката заключается в том, что при эксплуатации конструкций реализуются максимально прочностные свойства металла, поскольку стальные стержни, воспринимая растягивающие напряжения, обеспечивают надежную работу композиции «металл–бетон».

Доля стоимости арматурного проката в общей стоимости железобетонного изделия составляет 40 % и более. Поэтому снижение расхода металла при изготовлении железобетонных конструкций является реальным

источником экономии средств при их изготовлении. Metallурги и строители определили, что снижение стоимости изделий можно обеспечить путем изготовления и применения арматурного проката высокой и повышенной прочности (предел текучести 400, 500, 550, 600, 800 Н/мм² и более). Применение такого проката позволяет снизить расход металла на 25–55 % [5].

Повышения прочности арматурного проката можно достичь различными способами: легированием, деформацией в холодном состоянии, термической или термомеханической обработкой. Сравнение эффективности указанных способов упрочнения показало, что упрочнение легированием связано с повышенным расходом дефицитных и дорогостоящих ферросплавов (например, в стали марки 23Х2Г2Т расходуются хром, марганец, титан). Деформация в холодном состоянии приводит к снижению пластических характеристик (относительное удлинение снижается до 4–7 %). Наиболее эффективным способом повышения прочности арматурного проката является его термическое и термомеханическое упрочнение, затраты на которое не превышают 1,0–1,5 % от себестоимости стали. При этом прокат имеет высокий комплекс пластических и вязких характеристик.

Впервые термомеханическое упрочнение арматурного проката было осуществлено в потоке станов 250–1 комбината «Криворожсталь» и 350–2 Макеевского меткомбината, а сам прокат поставлялся по ГОСТ 10884–64. В последующие годы непрерывно совершенствовались процессы упрочнения и оборудование, используемое для этого. Соответственно изменяющимся возможностям изготовителей проката и требованиям его потребителей совершенствовалась система нормативной документации – технических условий и стандартов, а также разрабатывались новые документы в соответствии с мировой практикой.

Первый стандарт на «Сталь термически упрочненную стержневую» (ГОСТ 10884–64) был введен в действие с 01.01.66 г. Этот стандарт определял свойства стержней классов Ат–ІУ, Ат–У, Ат–УІ и Ат–УІІ с пределом текучести не менее 600, 800, 1000 и 1200 Н/мм² соответственно. Он распространялся на прокат, упрочненный, как на электротермических установках (ЭТУ–1–А, ЭТУ–1–М), так и в потоке станов. Согласно этому стандарту марка стали, из которой изготавливался прокат, определялась заводом изготовителем. Допускалась поставка стержней с нетермообработанными концами.

Развитие производства упрочненного проката потребовало разработки нового стандарта – «Сталь стержневая арматурная термомеханически и термически упрочненная периодического профиля (ГОСТ 10884–81). Этот стандарт предусматривал поставку свариваемого (индекс С) и коррозионностойкого (К) проката в стержнях и мотках, он предусматривал ограничение верхнего и нижнего значений углеродного эквивалента и временно-

го сопротивления, регламентировал химический состав стали. Разработка этого стандарта благодаря включению в перечень классов проката класса Ат–ШС (предел текучести не менее 400 Н/мм², свариваемый) создала предпосылки для массового производства термомеханически упрочненного арматурного проката (2–3 млн.т в год). Были разработаны строительные нормативные документы, разрешившие применять термомеханически упрочненную углеродистую сталь марки Ст5пс вместо горячекатаной низколегированной стали марок 25Г2С и 35ГС. При этом и строители (за счет снижения цены), и металлурги (за счет снижения себестоимости) на 1 тонне металла имели экономию по 7–10 % от его стоимости.

В 90–е годы Украина вышла с термически упрочненным арматурным прокатом на мировой рынок (в бывшем Союзе экспорт термомеханически упрочненного проката, как высокоэффективной продукции, был запрещен). Это потребовало разработки нового стандарта – «Прокат арматурный для железобетонных конструкций» (ДСТУ 3760–98), который был гармонизован с ISO 6934, ISO 6935, DIN 488, ENV 10080. Этот стандарт радикально отличается от своих предшественников и отвечает требованиям международных норм. В ДСТУ 3760 отсутствует разделение проката по способу производства, марки стали определяет изготовитель, свариваемость обеспечивается ограничением верхнего и нижнего значений углеродного эквивалента, приведены требования по склонности металла к старению (изгиб с разгибом), релаксации, усталостной прочности, упругости, отношению временного сопротивления к пределу текучести. Прокат, изготовленный по ДСТУ 3760, отвечает требованиям зарубежных и международных стандартов и пользуется спросом в странах всего мира.

Введение в действие ДСТУ 3760–98 потребовало осуществить стандартизацию новых, современных методов испытания арматурного проката. Так, был разработан стандарт “Сталь арматурная. Методы испытаний на изгиб и разгиб” (ДСТУ 2953–94), полностью соответствующий ISO 10065–90 “Стальные прутки для армирования бетона. Испытания на изгиб и разгиб”. Этот стандарт предусматривает деформацию стержня путем нормированного изгиба, его нагрев и выдержку при температуре 100°C, разгиб на определенный угол. Это испытание позволяет определить склонность металла, из которого изготовлен арматурный прокат, к старению.

В соответствии с ENV 10080:1995 был разработан стандарт ДСТУ 4042–2001 “Прокат арматурный. Метод испытаний на усталость”. Он определяет условия испытания гладких стержней и стержней периодического профиля на усталость при растяжении (частота нагружения, температура окружающей среды, максимальное значение, размах напряжений цикла и т.д.). Этот стандарт позволяет изготовителям проката предъявлять

его потребителям данные, полученные в соответствии с мировыми нормами.

Уровень разработки нормативной документации на арматурный прокат всегда отвечал, а зачастую опережал требования того или иного периода развития его производства и потребления. Именно поэтому арматурный прокат Украины в настоящее время отвечает мировым требованиям и пользуется большим спросом на рынке металлопроката.

Одним из самых ответственных видов продукции черной металлургии являются прокатные изделия для подвижного состава железных дорог: колеса, оси, центры и бандажи (транспортный металл). Массовость этого вида продукции и критерии экономических показателей обусловили целесообразность ее изготовления из нелегированной углеродистой стали с массовой долей углерода от 0,47 до 0,80 (кроме стали марки 1 по ГОСТ 10791–89, содержащей 0,08–0,15 % ванадия). В то же время, эти изделия должны иметь высокую степень надежности и отвечать требованиям, предъявляемым в связи с возрастанием скорости движения железнодорожных составов и нагрузки на ось вагона до 245 кН [5]. Это обеспечивается выбором оптимального химического состава стали и режимами таких видов термической обработки, как нормализация, объемная и поэлементная закалка с последующим отпуском, противоблоксная обработка, и профилированием колеса.

Особенностью процесса изготовления колес является равномерное охлаждение всех их элементов (обода, диска, ступицы), вследствие чего перепады температуры незначительны. В результате этого в колесах создаются незначительные остаточные напряжения. Недостатком нормализации являются ограниченные возможности повышения прочности изделия. В то же время для черновых профильных заготовок осей нормализация, обеспечивающая получение мелкого зерна, равномерность свойств и снятие напряжений, является оптимальным видом термической обработки.

Закалка поверхности катания обода колес и последующий их отпуск является из-за своей относительной простоты самым распространенным видом термической обработки. При этом повышается прочность и твердость поверхности катания колес, но при этом повышается величина внутренних напряжений, коробление достигает 1,2 мм, в обод образуются структуры продуктов распада мартенсита с карбидами зернистого типа, износостойкость и контактная прочность которых ниже, чем пластинчатых структур. Более прогрессивным видом поэлементной термообработки является прерывистая закалка колес при их вращении в вертикальной или горизонтальных плоскостях со скоростью охлаждения 0,5–6,0° C/c [5].

Термическая обработка бандажей, как правило, осуществляется с отдельного печного нагрева. Она заключается в нагреве до температуры 830–860°С стоп бандажей и их охлаждение в баках с водой в течение 130–

210 с. Затем стопы бандажей подвергают отпуску при температуре 530–630°C. По другой схеме охлаждение бандажей осуществляется поштучно после правки. Более прогрессивным способом обработки является дифференцированное спрейерное охлаждение граней бандажа со скоростью до 20° С/с [5].

Термическая обработка профильных черновых осей заключается в нормализации (температура 850–870°C, выдержка 3–4,5 ч). Нормализацию осуществляют в камерных или методических печах.

Требования к служебным и механическим характеристикам транспортного металла обусловили разработку прогрессивных видов обработки стали и новых подходов к созданию нормативной документации. При разработке указанной документации учитывается также то обстоятельство, что значительная часть продукции идет на экспорт, и различные потребители изделий предъявляют разные требования. Так, например, по VIC 812–1, VIC 812–3 колеса импортируют Германия, Австрия, Иран, Чили и др.; по VIC 810–2 – Италия и Бельгия; по BS 5892, 4 – Великобритания и Аргентина; по TJZL 01–98, MOR–V–2001–2 – Китай; по TTS 094, TC DDR 301 – Турция и т.д. Поэтому при разработке стандартов на транспортный металл разработчики стремятся максимально гармонизировать их с международной и зарубежной нормативной документацией. Так, в стандарт на “Колеса цельнокатанные. Технические условия” (ГОСТ 10791–89) в виде обязательного приложения был введен международный стандарт ISO 1005/6–82. Требования международного стандарта ISO 1005/2–1986 (E) были учтены при разработке национального стандарта Украины на “Бандажи черновые для колес подвижного состава железных дорог широкой колеи и метрополитена” (ДСТУ 3717–98). Международный опыт был использован при разработке стандартов на “Заготовки профильные (необработанные оси) для подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм” (ДСТУ 2532–94) и на “Бандажи черновые из углеродистой стали для подвижного состава трамвая” (ДСТУ 3678–98) и т.д.

В разрабатываемой нормативной документации (стандарты и технические условия), во-первых, отражаются возможности изготовителей путем термической обработки получать изделия с высоким уровнем механических свойств и характеристик и, во-вторых, учитываются требования международных стандартов серии ISO 1005 (Бандажи стальные для подвижного состава; Материал для подвижного состава железных дорог, цельные колеса для тягового и прицепного состава и др.) и серии UIC 810, 812, 813 (Технические условия поставки черновых бандажей; Технические условия поставки цельных колес и т.д.). Кроме этого, принимаются во внимание требования стандартов таких стран, как США (ASTM 551 “Бандажи стальные”, ASTM A 504 “Колеса кованые” и др.), Япония (JIS E 5401 “Бандажи из углеродистой стали”, JIS E 5402 “Колеса цельнокатанные и др.).

В результате анализа и сравнения требований ГОСТ и ДСТУ к качеству транспортного металла, поставляемого, как на внутренний рынок, так и на экспорт, показано, что эти стандарты по уровню и номенклатуре показателей не только не уступают, но в ряде случаев превосходят требования ISO, UIS, ASTM, JIS. Это в значительной мере способствует продвижению продукции Украины на мировой рынок.

Особенно высокие требования в отношении служебных характеристик предъявляются к тонколистовому прокату. Он должен обладать достаточной прочностью, пластичностью, вязкостью, нечувствительностью к локальным деформациям. Как отмечается в работе [6], все эти требования должны удовлетворяться не в процессе формообразования, не в условиях деформации и последеформационного охлаждения, а после повторного нагрева – специальной термической обработки. Сложность состоит в том, что на комплекс свойств влияет не только $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение, но и превращение $\alpha \rightarrow \gamma$ при нагреве подката. Так, например, с ускорением нагрева холоднокатаного металла из подката с температурой смотки 585⁰С от 100 до 600⁰С/ч коэффициент пластической анизотропии R увеличился с 0,6 до 0,8.

Получение тонколистового проката, соответствующего всем требованиям потребителя, обеспечивается:

- во-первых, выбором оптимального химического состава стали (низкая массовая доля углерода, нормируемое соотношение массовых долей углерода, алюминия, азота, титана, марганца, серы и т.д.);

- во-вторых, условиями деформации (качество поверхности, размерные параметры, формирование структуры и текстуры деформированного металла);

- в-третьих, режимом термической обработки после деформации.

Именно термическая обработка обеспечивает получение структуры, которая должна отвечать комплексу взаимосвязанных характеристик: фазовый состав, нормированное зеренное строение основы, внутризеренная текстура, концентрация растворенных примесей, содержание, распределение, морфология включений неметаллических и интерметаллидных фаз, зернограницные сегрегации примесей и др. [6,7]. Все это обеспечивается строгим контролем параметров температурно–временного воздействия на металл. Поэтому, при разработке современной нормативной документации на тонколистовой прокат особое внимание уделяется уровню развития технологии термической обработки проката и формированию при этом его потребительских свойств.

Так, при разработке стандарта «Прокат тонколистовой холоднокатаный из низкоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки. Технические условия» (ГОСТ 9045–93) взамен ГОСТ 9045–80 в него были внесены требования международного стандарта ISO 3574–86

«Тонколистовая холоднокатаная сталь, обжата в холодном состоянии, торгового качества для вытяжки» в части марок CR3 и CR4.

Стандарт распространяется на листовой прокат толщиной до 3,9 мм с указанием дополнительных требований по ISO 3574–86. Марка проката CR3 предназначена для глубокой вытяжки, марка CR4 – для глубокой вытяжки, нестареющая. При этом, процессы получения стали и параметры технологии изготовления тонколистового холоднокатаного проката определяются его изготовителем. Стандартом установлены следующие требования по механическим свойствам к прокату марок CR3 и CR4 соответственно: временное сопротивление – не более 350 и 340 Н/мм²; относительное удлинение при расчетной длине образца 80 мм – не менее 34 и 36% соответственно; твердость HRB – не более 53 и 50. При этом, указанные значения показателей гарантируются для проката марки CR3 в течение 8 дней, начиная с момента готовности его к поставке, и марки CR4 – 6 месяцев.

В ГОСТ 9045–93 включен подраздел “Характеристики исполнения, устанавливаемые по требованию потребителя”. В этом подразделе указано, что для марок проката CR3 и CR4 массовая доля элементов может составлять соответственно: углерода – до 0,10 и 0,08%, марганца – до 0,45%, фосфора и серы – до 0,03% каждого. Также приведены требования по химическому составу стали марок 08Ю, 08пс, 08кп. Приведены также требования к прокату по пределу текучести, временному сопротивлению, твердости, глубине сферической лунки, качеству отделки поверхности и т.д. Приведены требования к прокату при поставке его с контролем микроструктуры (в зависимости от способности к вытяжке номер зерна феррита 6 – 9 и балл структурно-свободного цементита 2 – 3), а также дополнительные требования по маркировке продукции.

Реработанный в 1989 и пересмотренный в 1994 году ГОСТ 16523–97 (ДСТУ 2834–94) “Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия” заменил ГОСТ 16523–70. Требования ГОСТ 16523–97 (ДСТУ 2834–94) распространяются на прокат горяче- и холоднокатаный шириной 500 мм и более, толщиной 3,9 мм включительно. Этот стандарт в части требований к прокату соответствует международным стандартам ISO 3573–86, ISO 3574–86, ISO 4995–91, ISO 4997–78.

Разработка действующего в настоящее время ГОСТ 16523–97 (ДСТУ 2834–94) и ранее действовавшего ГОСТ 16523–70 выполнена с различных научно-технических концепций. В основу ГОСТ 16523–70 заложены прежде всего требования к маркам стали: 19 марок стали по ГОСТ 1050–88 и 16 марок стали по ГОСТ 380–94 (ДСТУ 2651–94) (с учетом степени раскисления стали). В основу ГОСТ 16523–97 (ДСТУ 2834–94) заложены прежде всего потребительские характеристики проката: 6 категорий проката определяют нормируемые характеристики.

В ГОСТ 16523–97 (ДСТУ 2834–94) прокат подразделяют на группы по качеству стали (качественная сталь – К, обыкновенного качества – ОК) и минимальному нормируемому значению временного сопротивления в Н/мм² под индексом “В” (К260В, ОК300В, К350В, ОК360В и т.д.). Марку стали для каждой группы проката устанавливает его изготовитель. Для общего сведения марки стали приведены в справочном приложении к стандарту.

В зависимости от нормируемых характеристик прокат разделен на 6 категорий. Категории определяют объем и номенклатуру показателей (испытаний) не для марок сталей, а для групп прочности проката. Механические свойства проката и диаметр оправки при испытании на изгиб нормируются для групп прочности. Например, для проката группы прочности К260В временное сопротивление должно составлять 260–380 Н/мм², относительное удлинение (δ_4) – в зависимости от способа производства проката и его толщины – от 25 % до 29 %, диаметр оправки при испытании на изгиб должен быть равен толщине проката. Аналогичные показатели для проката группы прочности ОК360В соответственно: 360–530 Н/мм², 20 – 24 %, диаметр оправки – от одной до двух толщин проката. Глубина сферической лунки при испытании на выдавливание также нормируется по группам прочности проката.

Одной из особенностей стандарта ГОСТ 16523–97 (ДСТУ 2834–94) является включение в него подраздела 4.2 “Характеристики исполнения, устанавливаемые по требованию потребителя”. Наличие таких характеристик, не обязательных для изготовителя проката и его потребителя, значительно расширяют формы их сотрудничества. К таким характеристикам относится регламентация химического состава по ГОСТ 380–94 (ДСТУ 2651–94) или ГОСТ 1050–88, а также возможность снижения массовой доли марганца на 0,10 %, определенные условия поставки проката из стали, раскисленной алюминием и титаном.

Прокат по ГОСТ 16523–97 (ДСТУ 2834–94) может поставляться свариваемым с обеспечением свариваемости технологией его изготовления и химическим составом стали. Допускается поставка проката группы К490В с глубиной обезуглероженного слоя не более 2,5 % на сторону и не более 4 % в сумме для обеих сторон от толщины проката. Допускаются соглашения в отношении нормирования величины ферритного зерна и наличия структурно-свободного цементита. Для проката толщиной более 2,8 мм допускается повышение верхнего значения временного сопротивления не более, чем на 50 Н/мм², и поставка проката 6-й категории с нормируемым пределом текучести. В стандарте приведены нормы шероховатости (от 0,6 мкм до 1,6 мкм), твердости по HRB (от 60 до 77) и предела текучести (от 215 до 255 Н/мм² для различных классов проката по соглашению изготовителя и потребителя). Стандарт ГОСТ 16523–97 (ДСТУ 2834–94), будучи гармонизированным с международными стандартами и ISO, позволил

осуществлять более гибкие взаимоотношения между изготовителем и потребителем листового проката, расширить рынок его сбыта и повысить конкурентоспособность с учетом мирового опыта [8].

Анализ полученных данных показывает, что в стандартах ГОСТ 9045–93 и ГОСТ 16523–97 (ДСТУ 2834–94) необходимо расширять марочный состав стали для горяче– и холоднокатаного проката. Так, установлено [6], что значительный эффект можно получить при применении стали марки 08ЮП вместо низкоуглеродистой стали марок 08кп, 08пс и 08Ю и низколегированной стали марок 08ГСЮТ, 08ГСЮФ, 03ХГСЮ. Так, например, сопротивление циклическим нагрузкам стали 08ЮП на 40 % выше, чем стали 08Ю. Включение новых марок стали в стандарты будет способствовать расширению рынков сбыта тонко–листового проката.

Таким образом, в настоящее время накоплен опыт и созданы методические основы разработки нормативной документации на массовые виды продукции черной металлургии с учетом развития металловедения и термической обработки металлов, а также освоения новых технологических процессов производства и марок стали прокатной продукции. При этом национальная нормативная документация Украины может быть в максимальной степени гармонизирована с международными (европейскими) и зарубежными стандартами.

1. *Высокопрочная арматурная сталь* / А.А.Кугушин, И.Г.Узлов, В.В.Калмыков и др. – М.: Металлургия, 1986. – 272 с.
2. *Пилипченко Ю.И.* Термическое упрочнение проката // Металлургия и коксохимия. – 1973. – Вып.37. – С.5–8
3. *Уменьшение окалинообразования при производстве проката* / В.И.Губинский, А.Н.Минаев, Ю.И.Гончаров. – К.: Техніка, 1981. – 134 с.
4. *Арматурный прокат для железобетонных конструкций* / О.В.Дубина, Ю.Т.Худик, В.И.Большаков и др. – Днепропетровск. – Изд. НИИММ. – 200. – 88 с.
5. *Колесная сталь* / Узлов И.Г., Гасик М.И., Есаулов А.Т. и др. – К.: Техніка, 1985. – 168 с.
6. *Управление качеством тонколистового проката* / Мазур В.Л., Сафьян А.М., Приходько И.Ю. и др. – К.: Техніка, 1997. – 384 с.
7. *Новиков И.И.* Теория термической обработки металлов. – М.: Металлургия, 1974. – 400 с.
8. *Худик Ю.Т., Большаков В.И., Жучков С.М. и др.* Особенности разработки нормативной документации на прокат черных металлов в условиях рыночной экономики // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2002. – № 8–9. – С.313–318.
9. *Уменьшение окалинообразования при производстве проката* / Губинский В.И., Минаев А.Н., Гончаров Ю.В. – К.: Техника, 1981. – 135 с.
10. *Малокремнистые арматурные стали повышенной прочности* / Вихлевщук В.А., Омесь Н.М., Нечепоренко В.А. и др. – К.: Наукова думка, 1999. – 152 с.