



The technology of production of hot-rolled metal with diameter 17 mm in sticks of spring steel of type 40C2 for production of railway fasteners of elastic binding posts in conditions of RUP "BMZ" is given.

О. М. КИРИЛЕНКО, М. И. ТИТОВ, А. В. РУСАЛЕНКО, РУП «БМЗ»

УДК 669.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОКАТА ГОРЯЧЕКАТАНОГО КРУГЛОГО ДИАМЕТРОМ 17 ММ В ПРУТКАХ ИЗ ПРУЖИННОЙ СТАЛИ МАРКИ 40С2 ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КРЕПЕЖА УПРУГИХ КЛЕММ В УСЛОВИЯХ РУП «БМЗ»

По договору с ОАО «Современные технологии и огнеупорные материалы» (г. Старый Оскол, РФ) в июле 2006 г. на непрерывном мелкосортном стане 320 РУП «БМЗ» по плану НИР впервые была осуществлена прокатка опытной партии круга диаметром 17 мм в прутках по согласованным с РАО РЖД ТУ 1150-001-59123761-2005. Данные технические условия распространяются на горячекатаный прокат круглого профиля в прутках из пружинной стали 40С2, предназначенной для изготовления железнодорожного крепежа упругих клемм. Внешний вид клеммы пружинной ЖБР-3 по ТУ 1150-071-01124328-2000 показан на рис. 1. Основными технологическими процессами в кузнечном производстве, которые применяются при изготовлении клеммы пружинной ЖБР-3 непосредственно у потребителя ЗАО «Курская подшипниковая компания» (г. Курск, РФ), являются холодная рубка на рубочном штампе на заданные длины; холодная гибка на гибочном штампе – получение конфигурации и основных параметров; клеймение и калибровка (гибка окончательная) на штамповочном прессе. Заключительным этапом в технологической цепочке изготовления клеммы пружинной является термообработка (закалка и отпуск) в термическом цехе с целью получения заданной твердости (HRC) готового изделия, которая должна находиться в пределах 42–49 HRC. Кроме того, при выходном контроле предъявляется ряд технических требований к готовому изделию, одно из которых – испытание на пружинящие свойства с целью определения остаточной деформации и оценки предельной величины максимального нагружения клеммы. При испытании пружинящих свойств клемм не должно быть изломов и трещин.

Поэтому при производстве круга диаметром 17 мм, кроме получения требуемых геометрических размеров готового проката по ГОСТ 2590 для обычной точности прокатки (категория В), необходимо было обеспечить выполнение комплекса требований указанных выше ТУ по металлографическим параметрам и качеству поверхности стали марки 40С2:

- величина аустенитного зерна должна быть не крупнее 5-го номера по ГОСТ 5639;
- обезуглероженный слой (ОБС) прутков тах 2%;
- загрязненность прутков неметаллическими включениями (сульфиды (С), оксиды точечные (ОТ), оксиды строчечные (ОС), силикаты хрупкие (СХ), силикаты пластичные (СП), силикаты недеформирующиеся (СН)) не должна превышать по среднему значению 2,5 балла;

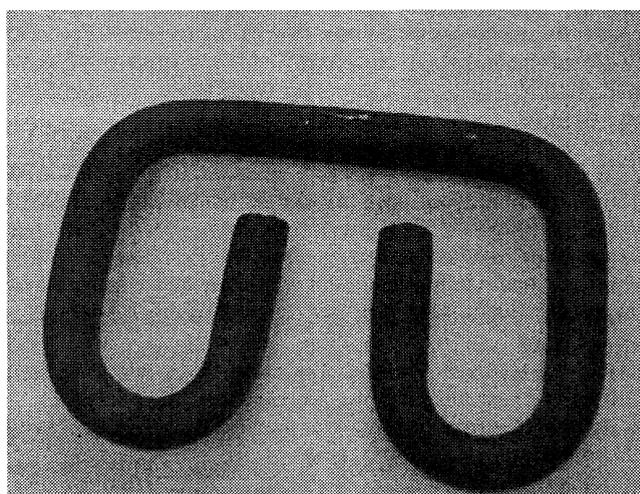


Рис. 1. Клемма пружинная ЖБР-3 по ТУ 1150-071-01124328-2000

• микроструктура стали должна быть феррито-перлитной; графит в стали не допускается; допускается поставка стали с микроструктурой – зернистый перлит;

• макроструктура прутков при проверке на излом или протравленных поперечных темплетях не должна иметь остатков усадочной раковины, рыхлости, подкорковых пузырей, расслоений, трещин, шлаковых включений.

Кроме того, по отдельным качественным характеристикам (твердости по Бринеллю, дисперсности перлита) на опытную партию были установлены факультативные требования для набора статистических данных.

Таблица 1. Результаты анализа химического состава опытной плавки марки стали 40С2

Профиль, мм	Номер пробы	Массовая доля химических элементов, %								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al
–	82	0,41	1,53	0,69	0,011	0,006	0,11	0,08	0,17	0,025
Сечение 125	42	0,40	1,53	0,69	0,010	0,006	0,11	0,08	0,17	0,025
Диаметр 17	42	0,41	1,52	0,68	0,011	0,006	0,11	0,08	0,17	0,023
Рекомендуемые значения		0,39–0,43	1,50–1,60	0,70–0,80	–0,020	–0,012	–0,15	–0,20	–0,20	0,010–0,025
Требования ТУ 1150-001-59123761-2005		0,39–0,43	1,50–1,80	0,60–0,80	–0,020	–0,012	–0,15	–0,20	–0,20	–0,025
Допустимые отклонения в прокате по ГОСТ 14959		±0,01	±0,05	±0,02	–	–	–	–0,05	–	–

Примечание: допустимые отклонения в прокате для алюминия в соответствии с требованиями ТУ 1150-001-59123761-2005 составляют ± 0,005%.

Для производства круглого горячекатаного проката по ТУ 1150-001-59123761-2005 был разработан рекомендуемый химический состав стали марки 40С2. В табл. 1 приведены результаты анализа химического состава опытной плавки по разливочной 82-й пробе, а также 42-й пробе, отобранной от исходной горячекатаной квадратной заготовки сечением 125x125 мм и готового сорта.

С целью минимизации ОБС в готовом прокате был осуществлен температурный режим нагрева исходных горячекатаных заготовок квадрата сечением 125x125 мм в нагревательной печи стана 320 (табл. 2).

Таблица 2. Температурный режим нагрева исходных горячекатаных заготовок стали марки 40С2

Параметры	Зона печи			
	1–2	3	4	5–6–7
Температура, °С	860	1065	1160	1175
Коэффициент избытка воздуха	1,0	0,95	0,95	0,95 – 0,90 – 0,95
Расход газа, м ³	400	1300	800	250 – 500 – 250

Прокатку круга диаметром 17 мм в системе вытяжных калибров «овал–круг» на непрерывном мелкосортном стане 320 проводили моно-процессом по разработанной таблице калибровки за 16 проходов и выведенной из работы установки термического упрочнения.

Полученные итоговые средние значения температурно-скоростных параметров прокатки горячекатаных заготовок стали марки 40С2 на круг диаметром 17 мм приведены ниже:

• температура поверхности горячекатаных заготовок на выходе из печи –1171°С при норме 1050–1200°С;

• температура поверхности раскатов после 2-й клетки –1049°С при норме не менее 950°С;

• скорость прокатки –16 м/с.

Результаты испытаний механических свойств (по ТУ 1150-001-59123761-2005 не оговариваются) на исследовательских образцах от готового горячекатаного круглого проката диаметром 17 мм из стали марки 40С2 приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты испытаний механических свойств горячекатаного круглого проката диаметром 17 мм из стали марки 40С2

Номер пробы	σ_r , Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	σ_b/σ_r	δ_5 , %	ψ , %	НВ	Изгиб на 90°
1	–	–	–	–	–	223	уд.
2*	536	826	1,54	23,8	–	223	–
3**	510	830	1,63	20,5	49,0	223	уд.
4*	523	823	1,57	22,0	–	217	–
4**	510	830	1,63	22,0	48,0	217	–
5	–	–	–	–	–	223	уд.

Примечание: * Испытание на растяжение проводили по ГОСТ 12004-81 на круглых образцах длиной 500 мм в состоянии поставки.

** Испытание на растяжение проводили по ГОСТ 1497 на круглых изготовленных образцах диаметром 10 мм пятикратной длины в состоянии поставки.

Как видно из таблицы, твердость по Бринеллю (НВ) готового проката в состоянии поставки составила 217–223 НВ ($\Delta = 6$ НВ) при среднем значении 222 НВ. Отобранные пробы в количестве 3 шт. выдержали изгиб на 90° вокруг оправки диаметром 20 мм, что свидетельствовало об удовлетворительном качестве готового проката. При визуальном осмотре качества поверхности прутков круга диаметром 17 мм отсутствовали какие-либо поверхностные дефекты, что удовлетворяло требованиям ГОСТ 535-88 для III группы назначения.

В лаборатории металловедения ЦЗЛ была проведена оценка металлографических параметров стали марки 40С2 опытной плавки, прокатанной на круг диаметром 17 мм. При макроструктурном анализе протравленных поперечных темплетов, отобранных от двух горячекатаных заготовок сечением 125 мм, выявлена «подсадочная ликвация» 0,5 баллов. Центральная пористость, точечная неоднородность, ликвационный квадрат, общая и краевая пятнистая ликвация, межкристаллитные трещины, подкорковые пузыри, ликвационные полоски и светлый контур на исследуемых темплетях не обнаружены. Макроструктура не имела остатков усадочной раковины, рыхлости, расслоений, шлаковых включений, что соответствовало требованиям ТУ 1150-001-59123761-2005.

Загрязненность прутков неметаллическими включениями (рис. 2) в результате анализа шести проб по ГОСТ 1778, метод Ш4 в среднем составила: сульфиды (С) – 0,8 балла; оксиды точечные (ОТ) – 0,3 балла; оксиды строчечные (ОС) – 0,4 балла; силикаты хрупкие (СХ) – 0,3 балла; силикаты недеформирующиеся (СН) – 0,6 балла; силикаты пластичные (СП) – не обнаружены.

Микроструктура стали марки 40С2, исследуемая на трех отобранных пробах, соответствовала требованиям ТУ 1150-001-59123761-2005:

- обезуглероженный слой (ОБС) находился в пределах 0,22–0,25 мм / 1,3–1,5%, в среднем 0,24 мм / 1,4% (рис. 3);
- величина аустенитного зерна составила 7 баллов;

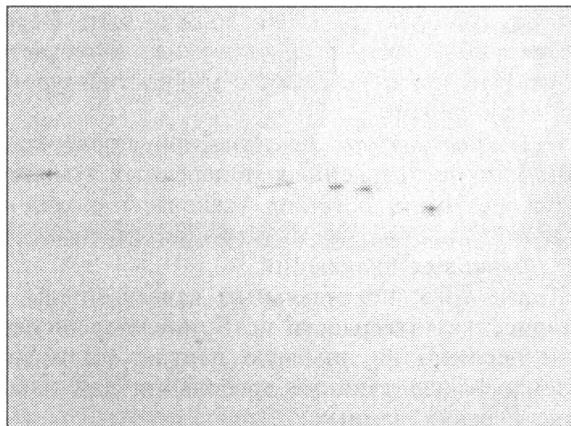


Рис. 2. Неметаллические включения в стали 40С2 опытной плавки. x200

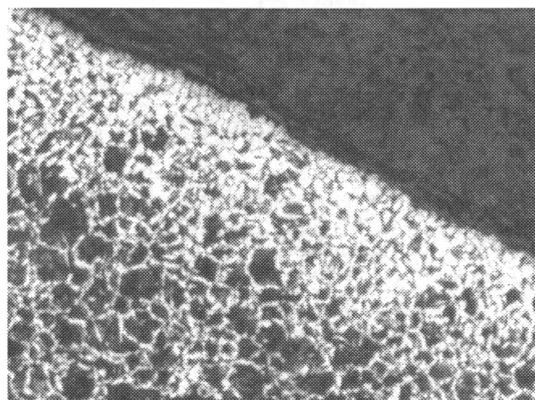


Рис. 3. Обезуглероженный слой прутков опытной плавки. x100

- микроструктура – феррито-перлитная, графит в стали отсутствовал (рис. 4), дисперсность пластинчатого перлита (факультативна на опытную партию) составила 3–4 балла по ГОСТ 8233 (рис. 5).

Произведенная пробная партия горячекатаного металлопроката круга диаметром 17 мм в прутках из пружинной стали марки 40С2 с геометрическими размерами, в полном объеме соответствующими требованиям НД (табл. 4), была отгружена на переработку непосредственному потребителю. При этом масса погонного метра по результатам проведенных измерений исследова-

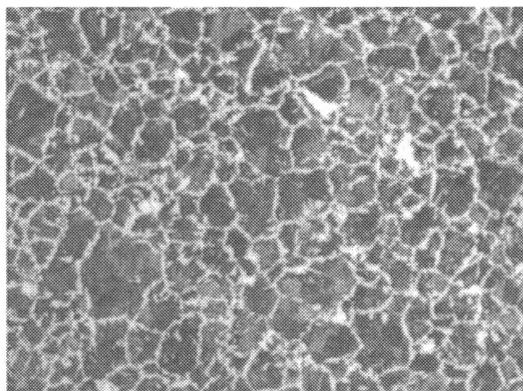
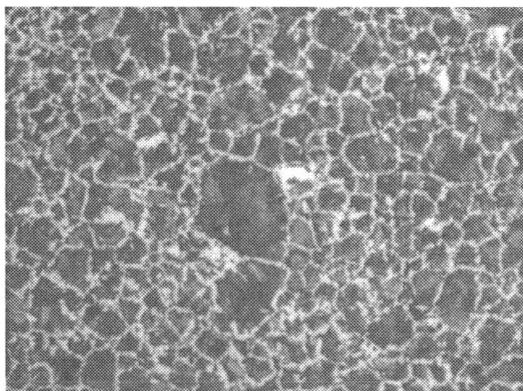


Рис. 4. Микроструктура стали 40С2 опытной плавки. x100

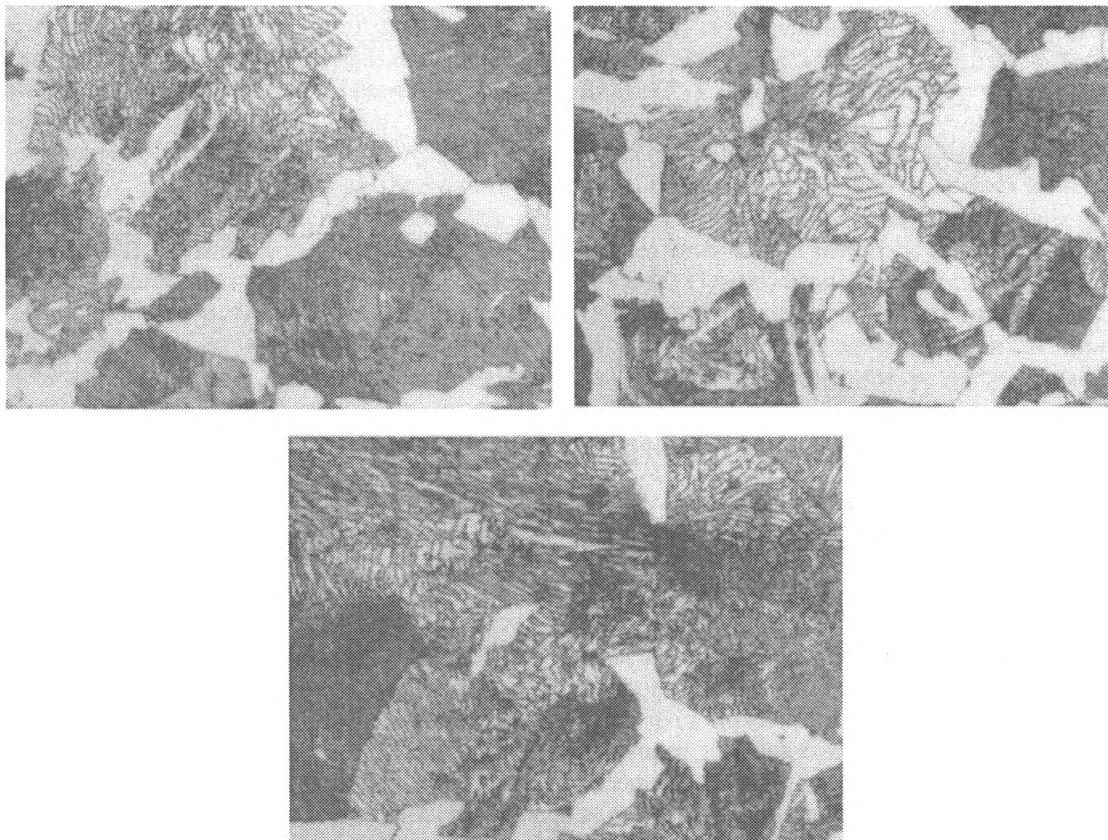


Рис. 5. Перлит в стали 40С2 опытной плавки. x1000

Таблица 4. Геометрические параметры готового круглого проката диаметром 17 мм

Номер пробы	Диаметр, мм		Овальность ($d_1 - d_2$), мм
	d_1	d_2	
1	16,80	17,20	0,40
2	16,98	17,13	0,15
3	16,70	17,07	0,37
4	16,76	17,05	0,29
5	16,79	17,08	0,29
Требования ГОСТ 2590-88	16,50 – 17,30		не более 0,40

тельских проб находилась в пределах 1,719–1,758 кг (в среднем 1,743 кг) при справочной величине 1,780 кг по ГОСТ 2590-88.

При ознакомлении специалистов РУП «БМЗ» с результатами переработки пробной партии поставленного круга диаметром 17 мм стали марки 40С2 непосредственно у потребителя и по итогам переговоров с главными специалистами ЗАО «КПК» (г. Курск) в целом было отмечено удовлетвори-

тельное качество металлопроката РУП «БМЗ», предназначенного для изготовления клеммы пружинной ЖБР-3, а также положительно рассмотрен вопрос по регламентированию максимальной твердости (250 НВ) проката в состоянии поставки (без термообработки) и максимального балла (не крупнее 5) по пластинчатому перлиту в новых технических условиях на данный вид продукции.