



It is shown that steels microalloyed with chrome can be used in production for making of super- and ultra-high-strength wire.

О. И. ИГНАТЕНКО, Е. В. ШАМАНОВСКАЯ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЛЕЙ, МИКРОЛЕГИРОВАННЫХ ХРОМОМ, В МЕТИЗНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ В УСЛОВИЯХ РУП «БМЗ»

В современных условиях производства высокопрочной проволоки для металлокорда, по мнению авторов [1–4], использование стали с повышенным содержанием углерода является одним из наиболее перспективных направлений. Стали с высоким содержанием углерода позволяют получить большее временное сопротивление разрыву патентированной заготовки и большие темпы упрочнения при волочении позволяют тем самым уменьшить величину суммарной деформации. Повысить прочность патентированной заготовки можно и за счет микролегирования хромом, который, действуя как углерод, снижает межпластиночное расстояние в перлите, при этом есть один негативный момент – образование карбидов хрома.

Карбиды хрома, располагаясь в ферритной матрице перлита в виде микродисперсных частиц, сдерживают движение дислокаций и упрочняют металл – это так называемое дисперсионное твердение, в то же время для хрома характерна ликвация в микрообъемах металла, что негативно сказывается на качестве стали [5–7].

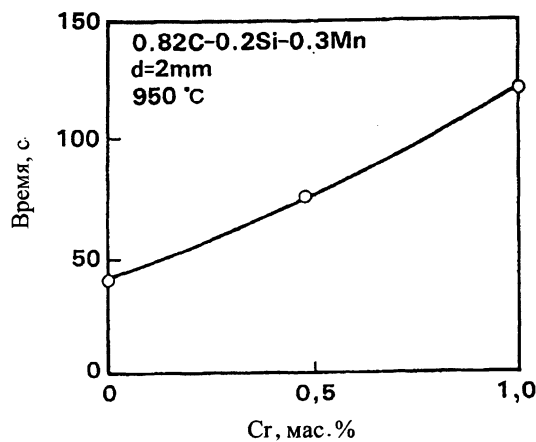
Микролегирование углеродистых сталей для холодного волочения хромом до 0,2–0,3 мас.% [9] в данных концентрациях при снижении содержания марганца до 0,3–0,4% незначительно увеличивает стабильность аустенита и задерживает перлитную трансформацию. В то же время отмечено снижение пластических характеристик холоднодеформированной проволоки [10, 11], так как хром концентрируется в карбидах, замещая железо в цементите, что приводит к увеличению его сопротивления пластической деформации. Поскольку деформация цементитных пластин обеспечивает лучшие пластические свойства холоднодеформи-

руемой стали после патентирования, снижение пластичности цементита при легировании хромом может являться негативным фактором и требует дополнительного изучения.

Согласно данным японских ученых [8], добавка хрома в количестве до 0,2% в высокоуглеродистую сталь с содержанием углерода 0,96% практически не замедляет процесс превращения аустенита в перлит и не вызывает проблем с производительностью. Микролегирование сталей хромом до 0,2–0,3 мас.% при снижении содержания марганца до 0,3–0,4% используют для получения сверхвысокопрочного металлокорда такие известные фирмы, как «Goodyear» и «Beckaert». Однако есть и противоположное мнение [12], что микролегирование хромом в заэвтектоидных сталях оказывает воздействие на сегрегацию и задерживает перлитное превращение, так как эти элементы замедляют растворение цементита в аустените, увеличивая тем самым время аустенитизации относительно нелегированных сталей. На рисунке показано влияние содержания хрома на продолжительность времени аустенитизации.

Из рисунка видно, что время аустенитизации нелегированной стали марки 80 составляет 43–44 с, а при содержании хрома 0,25% – 54–55 с, т. е. скорость прохождения проволоки по агрегату необходимо уменьшать приблизительно на 25%.

Если взять для расчета заготовку диаметром 1,33 мм, нелегированную хромом, скорость прохождения по агрегату патентирования-латунирования с характеристикой DV = 60 составит 45 м/мин. Скорость патентирования-латунирования заготовки диаметром 1,33 мм с добавкой хрома в количестве 0,25 % в тех же условиях будет составлять 34 м/мин.



Зависимость времени аустенитизации от содержания хрома в стали

Исследовательский центр метизного производства РУП «БМЗ» проводил работу [12], направленную на сравнение степени пластичности ультравысокопрочной проволоки, изготовленной из стали марки 90 без микролегирования хромом и микролегированной хромом до 0,14%.

Проволока-заготовка по двум вариантам изготавливалась в одинаковых условиях в одно время. Скорость прохождения проволоки по агрегату патентирования-латунирования соответствовала характеристике агрегата DV = 60, температура свинцовой ванны составляла 570 °С. Прочность латунированной заготовки, микролегированной хромом, была выше в среднем на 33 МПа, а прочность тонкой проволоки выше в среднем на 120 МПа. При довольно невысокой прочности этой проволоки (3740 МПа) ее пластические характеристики были неудовлетворительные. Тонкая проволока того же диаметра, изготовленная из стали без микролегирования хромом, демонстрировала высокие пластические характеристики.

Таким образом, достичь повышения пластических характеристик проволоки с применением ми-

кролегирования хромом на скорости патентирования-латунирования, соответствующей характеристике агрегата DV, не удалось. Следующим этапом было проведение работы с целью определения влияния скорости патентирования-латунирования (повышения времени аустенитизации). Следует отметить, что вариант с повышением температуры рабочих зон печи не рассматривался, так как температура рабочих зон близка к максимально допустимой. Для проведения работы использовали катушку марки 90 производства «Saarstahl», микролегированную хромом до 0,21% [13].

Изготовление латунированной заготовки диаметром 1,94 мм из катушки производства «Saarstahl» осуществлялось по двум вариантам.

- Вариант I – совместно с диаметром 2,35 мм на агрегате патентирования-латунирования № 5 (DV = 76), фактическая скорость прохождения по агрегату составила 32,5 м/мин. Температура свинцовой ванны 568–570 °С.

- Вариант II – совместно с диаметром 1,94 мм на агрегате патентирования-латунирования № 4 (DV= 72), фактическая скорость прохождения по агрегату составила 37 м/мин. Температура свинцовой ванны 568–571 °С.

Временное сопротивление разрыву латунированной заготовки составило 1408 МПа на агрегате № 5 и 1439 МПа на агрегате № 4. В таблице приведены характеристики тонкой сверхвысокопрочной проволоки, полученной по разным режимам.

Из таблицы видно, что наилучшие пластические характеристики тонкой сверхвысокопрочной проволоки диаметром 0,35 мм получены при использовании латунированной заготовки производства «Saarstahl» с агрегата патентирования-латунирования № 5, при изготовлении которой время аустенитизации было увеличено приблизительно на 20 %. Число реверсивных скручиваний тонкой сверхвысокопрочной проволоки производства

Результаты физико-механических испытаний проволоки диаметром 0,35 мм ST

Вариант	Параметр	Диаметр, мм	Временное сопротивление разрыву (σ_b), МПа исходная/после старения	Предел текучести ($\sigma_{0,2}$), МПа исходная	$\sigma_b/\sigma_{0,2}$ исходная	Удлинение, % исходная	Количество реверсивных скручиваний исходная / после старения
I	Средний	0,35	3368/ 3499	3090	1,09	2,6	73 / 67
	Минимальный	0,35	3306/ 3480	3048	1,08	2,1	63 / 45
	Максимальный	0,35	3400/ 3589	3119	1,10	2,7	83 / 78
	STD	–	24 / 30	22	0,00	0,2	6,7 / 10,5
II	Средний	0,35	3483/ 3600	3193	1,09	2,6	73 / 30
	Минимальный	0,35	3463/ 3571	3163	1,08	2,4	64 / 6
	Максимальный	0,351	3494/ 3692	3223	1,10	2,8	82 / 67
	STD	–	11/ 32	16	0,00	0,1	5,2 / 24,1
Требования		0,35±0,01	3350±150	–	–	–	не менее 40

«Saarstahl», полученной по разным вариантам, сопоставимо и находится на довольно высоком уровне. После искусственного старения в течение 1 ч при температуре 150 °С проволока первого варианта с увеличенным временем аустенитизации демонстрирует отсутствие выпадов по расслоению, при незначительном их снижении – на 8%. Проволока второго варианта имеет выпад по числу реверсивных скручиваний, при этом после старения значительно (на 59%) снижаются пластические характеристики.

Временное сопротивление разрыву тонкой проволоки производства «Saarstahl» первого варианта соответствует предъявляемым требованиям, в то время как временное сопротивление разрыву проволоки второго варианта находится на верхнем пределе.

На основании проведенных работ установлено, что стали, микролегированные хромом, можно использовать в производстве для изготовления сверх- и ультравысокопрочной проволоки, однако для обеспечения высоких пластических характеристик получаемой тонкой проволоки необходимо увеличить время аустенитизации за счет снижения скорости прохождения проволоки-заготовки по агрегату па-

тентирования-латунирования (приблизительно на 20% при содержании хрома 0,21%), при этом производительность агрегата патентирования-латунирования снижается соответственно на этот уровень.

Выводы

Применение на РУП «БМЗ» в метизном производстве сталей, микролегированных хромом до 0,15–0,35%, возможно с учетом двух отрицательных моментов:

- хром даже в таких небольших количествах задерживает перлитное превращение, увеличивая тем самым время аустенитизации, поэтому производительность агрегата патентирования-латунирования будет ниже, чем в случае применения нелегированных сталей на 10–25 % (в зависимости от содержания хрома);

- за счет более длительной аустенитизации и перлитного превращения прочность латунированной заготовки, микролегированной хромом, будет на уровне нелегированной или незначительно выше. Таким образом, упрочнение за счет микродобавок хрома практически нивелируется, но, как показывает опыт, пластичность полученной тонкой проволоки повышается.

Литература

1. Langford G., Cohen M. // Trans. Met. Soc. AIME, 1969. N 62. P. 623.
2. Development of Ultrahigh-Strength Steel Wire // Разработка ультравысокопрочной стальной проволоки / Т. Takahashi, I. Ochiai, H. Satoh- Nippon Steel Technical Report. 1992. N 53. P. 101–106.
3. Nishida S., Yoshi A., Imagunbai M., Koyama K. // EuroWire. September 1998. P. E54–59.
4. Прочность и пластичность холоднодеформированной стали / В. Н. Гриднев, В. Г. Гаврилюк, Ю. А. Мешков. Киев: Наукова думка, 1974.
5. Эффективные технологии легирования стали ванадием / А. А. Филлипенков, Ю. А. Дерябин, Л. А. Смирнов. Екатеринбург: УРО РАН, 2001.
6. Дендритная ликвация в сталях и сплавах / И. Н. Голиков, С. Б. Масленков, М.: Металлургия, 1977.
7. Микронеоднородность металлов и сплавов / И. Н. Голиков, С. Б. Масленков, М.: Металлургия, 1985.
8. Увеличение прочности стальной проволоки для шинного корда / Тошихико Такахаши, Хитиши Таширо, Икуо Очаи, Шоиичи Охоши, Ташими Таруи.
9. Langford G., Cohen M. // Trans. Met. Soc. AIME. 1969. N 62. P. 623.
10. Фетисов В. П. Требования к структуре и свойствам ускоренно охлажденной катанки // Сталь. 1991. № 9. С. 60–64.
11. Прочность и пластичность холоднодеформированной стали / В. Н. Гриднев, В. Г. Гаврилюк, Ю. А. Мешков. Киев: Наукова думка, 1974.
12. Заключение НИР ИЦМН-03–2005 «Оценка степени пластичности ультравысокопрочной проволоки диаметром 0,185 мм при изготовлении ее из стали марки 90К и 90К, микролегированной хромом. Изготовление опытного образца металлокорда 0,21 + 18x0,185 UT для фирмы «Goodyear».
13. Заключение НИР ТУ ОСП-35–2006 «Переработка катанки стали 90К производства «Saarstahl» под металлокорд 3 + 2x0,35ST с использованием механического удаления окалины».