

УДК 621.778

И. В. АГУНОВИЧ, магистр техн. наук; М. Н. ВЕРЕЩАГИН, д-р. техн. наук;
Ю. Л. БОБАРИКИН, канд. техн. наук; С. В. АВСЕЙКОВ («Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого», г. Гомель, Беларусь)
E-mail: agunovich@mail.ru

Влияние термообработки на структуру и свойства латунированной проволоки из стали 90К

Определено влияние предварительной термообработки исходной заготовки перед тонким волочением для получения ее оптимальной структуры и механических свойств перед деформацией. Проведены экспериментальные исследования по определению влияния различных режимов предварительной термообработки перед тонким волочением на механические свойства проволочных образцов с учетом изменения структуры до и после термообработки. Установлено, что изменение механических свойств латунированной проволоки из стали 90К от температуры отпуска связано с ростом дисперсности феррито-цементитной смеси и неоднородностью структуры.

There is shown the effect of preheating of the billet before thin drawing to obtain its optimal structure and mechanical properties before deformation. Experimental studies are conducted to determine the effect of different modes of preheating on the mechanical properties of the wire samples taking before thin drawing. It is established that changes in the mechanical properties from temperature is due to the increased dispersion of ferrite-cementite mixture and heterogeneity patterns.

Ключевые слова: структура; механические свойства; проволока; термообработка; волочение.

Keywords: structure; mechanical properties; wire; heat treatment; drawing.

Высокоуглеродистая проволока широко используется в промышленности, в том числе для усиления изделий из пластмассы и резины, в частности покрышек пневматичес-

ких шин, труб, ремней, пленок. Она также применяется в метизной промышленности для изготовления пружин, канатов, металлокорда. Производство проволоки представля-

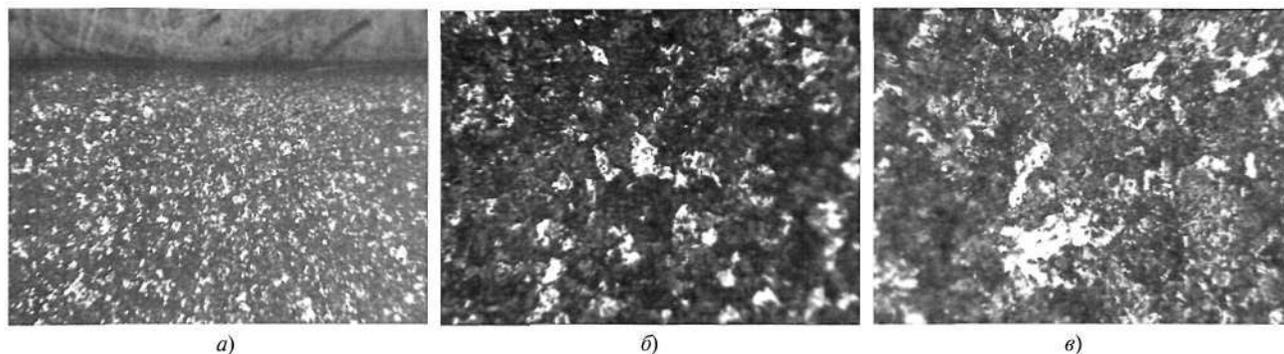


Рис. 1. Продольное сечение проволоки без термообработки:

а — край образца, $\times 150$; б — центр образца, $\times 500$; в — центр образца, $\times 1000$

ет собой сложный технологический процесс, все этапы которого оказывают значительное влияние на качество продукта. Ее механические свойства зависят от многих факторов, среди которых исходная структура заготовки, структурные изменения в процессе деформации, температура, скорость и степень деформации, механические схемы деформаций, термическая обработка проволоки и т. д. [1].

Особое значение в производстве проволоки имеет процесс тонкого волочения, основной задачей которого является достижение максимальной прочности при сохранении пластичности. По мере прохождения проволоки через волоки по маршруту волочения нарастает суммарная пластическая деформация проволоки, увеличивается скорость волочения и нередко структура исходной заготовки перед тонким волочением становится неравномерной. Это приводит к неравномерности возникающих напряжений и деформаций проволоки, нарастанию остаточных напряжений, и следовательно, к низкому качеству проволоки и ее обрывности в процессе волочения.

Цель данной работы — исследование влияния предварительной термообработки исходной заготовки перед тонким волочением и определение значений для обеспечения оптимальной структуры и механических свойств проволоки перед деформацией.

Исследования проводятся на проволочных латунированных образцах диаметром 1,9 мм из стали марки 90К производства ОАО «БМЗ-управляющая компания холдинга «БМК», содержащей, % масс: 0,92 С; 0,438 Mn; 0,214 Si; 0,019 Cr; 0,011 Ni; 0,017 Cu; 0,001 Al; 0,005 P; 0,009 S и 0,004N₂.

Структура и механические свойства проволоки исследуются до и после термообработки. В качестве травителя используют 3 % раствор азотной кислоты в спирте [2]. Определение микроструктуры соответствует ГОСТу 8233—56.

Термообработка подразумевает собой закалку с нагреванием в течение 4 мин при 760 °С и охлаждением в масле с последующим отпуском. Низкий отпуск проводится при температуре 200 °С, средний — при 400 °С, высокий — при 550 °С с выдержкой 40 минут.

Механические свойства определяются путем испытания на растяжение образцов до и после термообработки на разрывной машине *INSTRON 5969*, также оценивается их микротвердость на приборе ПМТ-3.

Структура до термообработки представляет собой пластинчатый перлит, дисперсность которого соответствует 10 баллу согласно ГОСТу 8233—56. Помимо этого выявлены ледебуритные включения цементита, располагающиеся в зернах металлической матрицы (см. рис. 1, 2).

Ввиду охлаждения в масле после закалки (менее 25 °С/с) распад аустенита осуществляется по диффузионной кинетике с образованием перлитных структур различной дисперсности [3]. Легирование стали карбидообразующими элементами существенно замедляет структурные превращения, происходящие при отпуске и имеющие диффузионный характер (коагуляция и сфероидизация). Таким образом, структура после термообработки — также пластинчатый перлит, но с разным межпластинчатым расстоянием. После низкого отпуска за счет рекристаллизации межпластин-

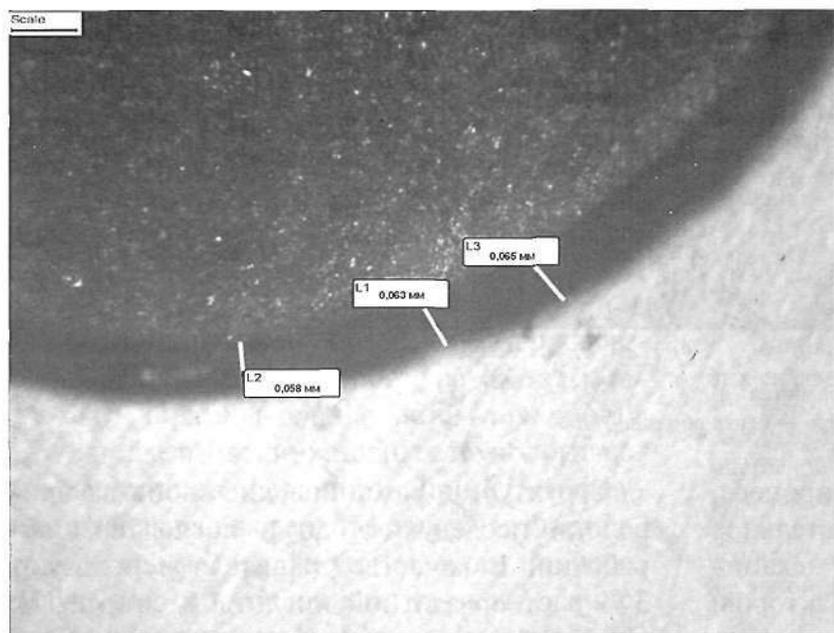


Рис. 2. Поперечное сечение проволоки без термообработки (латунированный слой $\approx 0,065$ мм)

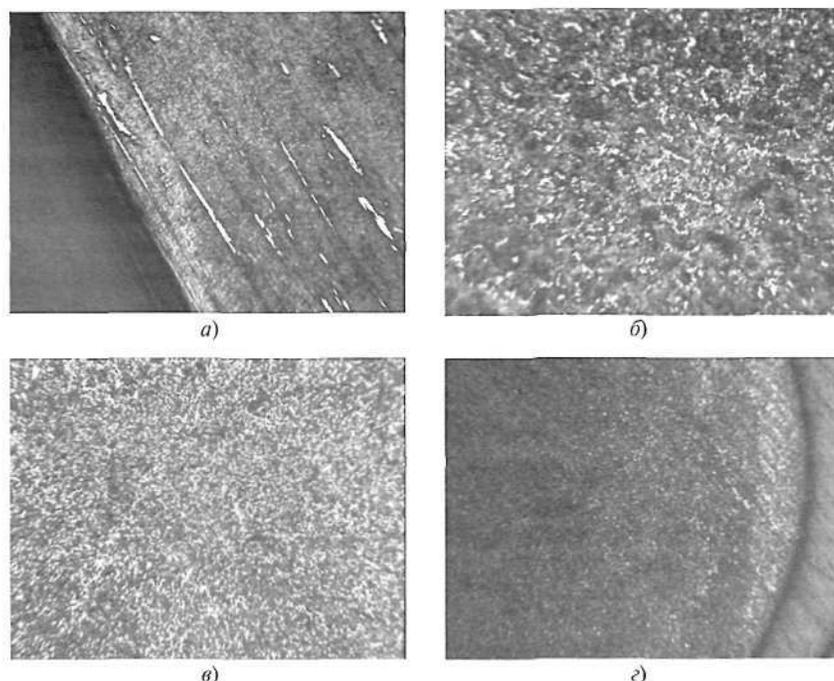


Рис. 3. Продольное сечение проволоки после термообработки:
a — низкий отпуск, $\times 150$; *б* — средний отпуск, $\times 1000$; *в* — высокий отпуск $\times 500$; *г* — высокий отпуск с ликвацией углерода по сечению, $\times 150$

чатое расстояние уменьшается и составляет в среднем 2,8 мкм.

Структура после низкого отпуска (см. рис. 3, *a*) отличается наличием по всему объему перлита, пластин цементита в виде продолговатых включений (игольчатых кристаллов цементита). Такая структура определяется как верхний бейнит, и образец с такой структурой в значительной степени подвержен разупрочнению и высокой хрупкости, что подтверждают испытания на разрывной машине. Возникшие в структуре вытянутые пластины цементита являются источниками зарождения микротрещин при деформации, что приводит к высокой обрывности проволоки. Надо отметить, что данный образец подвергается разрушению еще в захвате испытательной машины.

Структура после среднего отпуска характеризуется еще большим уменьшением межпластинчатого расстояния, которое составляет в среднем 0,7 мкм (см. рис. 3, *б*). Высокая дисперсность структуры приводит к увеличению прочностных свойств и снижению пластичности (см. таблицу).

За счет собирательной рекристаллизации межпластинчатое расстояние после высокого отпуска увеличивается и составляет в среднем 1,6 мкм (см. рис. 3, *в*). Как видно из рисунка, количество выделяющегося цементита

Таблица

Механические свойства латунированной проволоки из стали 90К до и после термообработки

Образец	Модуль упругости, ГПа	Предел прочности, МПа	Предел текучести 0,2 %, МПа	Деформация при растяжении, %	Микротвердость, МПа
базовый 1	134,94	1282,67	813,25	9,54187	4189
базовый 2	119,99	1269,76	778,78	9,32177	4290
при 200 °С	—	—	—	—	3850
при 400 °С	147,41	1647,28	1433,83	4,27184	2174
при 550 °С	162,4	1053,59	634,52	5,96187	1600

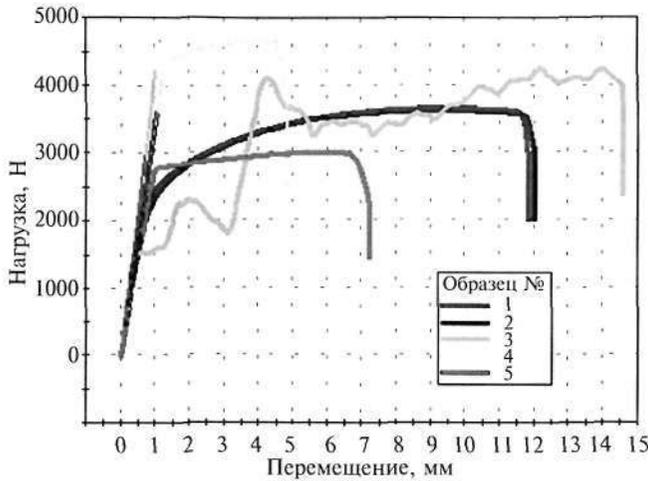


Рис. 4. Диаграмма растяжения образцов латунированной проволоки из стали 90К

резко возрастает, появляется цементитная сетка по границам зерен и ликвация углерода по сечению проволоки (см. рис. 3, з), что влечет за собой снижение пластичности и увеличение хрупкости образца (см. рис. 4).

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что изменение механических свойств латунированной проволоки из стали 90К от температуры отпуска связано с ростом дисперсности феррито-цементитной смеси и однородностью структуры.

Оптимальная структура проволоки до тонкого волочения — тонкодисперсный перлит. Наличие структуры бейнита снижает механические свойства проволоки. Все виды отпуска негативно сказываются на механических свойствах.

Полученные результаты являются основой для дальнейшего исследования различных технологических параметров волочения с определением оптимальных режимов изготовления проволоки с требуемыми механическими свойствами.

Список литературы

1. Фетисов В. П. Деформационное упрочнение углеродистой стали. М.: Мир. 2005. 200 с.
2. Беккерт М., Клемм Х. Справочник по металлографическому травлению. Пер. с нем. Н. И. Туркиной и др. М.: Металлургия. 1979. 336 с.
3. *Современные требования к качеству катанки для металлокорда* / В. В. Парусов, А. М. Нестеренко, Э. В. Парусов и др. // Стальные канаты: Науч. тр. Одесса: Астропринт. 2003. С. 104—116.
4. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. *Материаловедение: учебник для машиностроительных вузов*. М.: Машиностроение. 1980. 248 с.
5. Колачев Б. А., Ливанов В. А., Елагин В. И. *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов*. М.: Металлургия. 1981. 324 с.
6. Арзамасов Б. Н., Сидорин И. И. *Материаловедение: уч. для высш. техн. уч. заведений*. М.: Машиностроение. 1986. 245 с.