## ТЕРМИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА КАЛИБРОВАННОГО ПРОКАТА СТАЛИ 40X К ХОЛОДНОЙ ВЫСАДКЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Филиппов А.А., Пачурин Г.В.

Нижегородский государственный технический университет

Н. Новгород, Росссия

Наиболее распространенным и прогрессивным способом изготовления метизных изделий являются методы холодной высадки из прокатанного пруткового материала.

Машиностроение остается одним из основных потребителей крепежных изделий, значительную долю из которых составляет высокопрочный крепеж, процесс производства которого условно разделить на две части: 1 - изготовление калиброванного проката; 2 - изготовление крепежа методом холодной высадки и его термообработка.

Изменение технологии процесса и варьирование технологических параметров на каждом из этих этапов позволяют существенно изменять энерго- и материалоемкость, экологичность процесса и, в конечном счете, себестоимость готового продукта.

К основным параметрам, влияющим на качество калиброванного проката под холодную высадку, относятся:

- способность выдерживать осадку за один проход до 1/3 и 1/4 первоначальной высоты образца;
- удовлетворительная микроструктура;
- временное сопротивление разрыву, б в;
- относительное удлинение,  $\delta$ ;
- относительное сужение, Ч%;
- твердость проката, HRCэ.

Предельная степень обжатия при прокате зависит от пластических свойств стали, которая в значительной мере определяется микроструктурой. Известно, что наилучшие свойства сталей для этих целей достигаются при однородной мелкоглобулярной микроструктуре с равномерным распределением цементита в феррите. При этом идеальной микроструктурой калиброванного металлопроката, предназначенного для высадки крепежа методом холодной высадки, является зернистый перлит. Высаженный крепеж из металлопроката с вышеуказанной микроструктурой, должен быть подвержен закалке, чтобы согласно ГОСТ 1759-72 соответствовать классу прочности 8.8 и более. После закалки крепеж приобретает необходимую прочность и твердость. Однако после закалки могут возникнуть различные дефекты, в том числе обезуглероживание поверхности, деформации, коробление и трещины, что ведет к снижению качества и повышенной отбраковке изделий.

В настоящее время одним из перспективных направлений производства высокопрочного крепежа является подготовка калиброванного проката с механическими и пластическими свойствами, позволяющими производить холодную высадку изделий с прочностными показателями класса прочности 8.8 и более, исключающими дальнейшую их закалку. Чтобы получить оптимальные свойства калиброванного проката, нужно точно установить режим термической обработки. В качестве промежуточной термической обработки применяют изотермическую закалку, обеспечивать оптимальное сочетание всех механических свойств и твердости калиброванного проката.

Нами исследовались механические свойства, твердость и микроструктура калиброванного проката из стали марки 40X, подвергавшейся изотермической обработке по разным режимам.

Термическая обработка заключалась в нагреве образцов в соляной ванне при температуре  $880^{\circ}$ С в течение 4-х минут и изотермической закалке в селитровой ванне (50% KNO $_3$  + 50% NaNO $_3$ ) в течение 5-ти минут при разных температурах: 400, 425, 450, 500 и  $550^{\circ}$ С. После выдержки в селитровой ванне образцы проката охлаждались на воздухе в течение одной минуты, а затем в воде.

Микроструктура калиброванного проката стали марки 40X в исходном состоянии – перлит зернистый, в переходной стадии к зернистому с ферритом. После изотермической закалки при температурах 400°C, 425°C, 450°C и 550°C образцы имеют структуру сорбита. Закалка же при температуре 500°C вызывает появление в структуре стали 40X участков мартенсита вследствие неполного распада аустенита при изотермической выдержке в течение 5-ти минут, и превращения оставшегося аустенита при последующем охлаждении образцов в мартенсит.

Установлено, что наилучшее сочетание прочности, пластичности и твердости у стали 40X всех исследованных плавок достигается после изотермической выдержки при температуре 400°C.

Увеличение же температуры изотермической выдержки до 500°C приводит к значительному повышению прочности и резкому снижению пластичности калиброванного проката. Это связано с тем, что за 5 минут при температуре 500°C превращение аустенита не заканчивается полностью и при дальнейшем охлаждении оставшийся аустенит переходит в мартенсит.

Калиброванный прокат с такой микроструктурой и низкой пластичностью непригоден для изготовления крепежа методом холодной высадки.

Дальнейшее повышение температуры изотермической выдержки до 550°С приводит к существенному возрастанию пластичности, но снижению прочности и твердости, что связывается с полным распадом до температуры 550°С переохлажденного аустенита на ферритно-цементитную смесь (сорбит).

Таким образом, при подготовке калиброванного проката из стали 40X для холодной высадки высокопрочного крепежа можно рекомендовать изотермическую закалку взамен сфероидизирующего отжига и исключить операцию окончательной закалки крепежных изделий. Это значительно сокращает технологическую цепочку получения метизных изделий, уменьшает энергозатраты и снижает себестоимость готовой продукции