

ОБРАБОТКА ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАКАТЫВАНИЕМ С НАГРЕВОМ

Котельников В.И.¹, Гаврилов Г.Н.¹, Миронов А.Е.², Кошурина А.А.¹, Чернышов Д.А.¹

¹ФГБОУ ВПО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева, 603950, Россия, Нижний Новгород, Минина, 24, e-mail: gavrilov1109@mail.ru

²ЦНИИ «Буревестник»

Механическая обработка внутренних цилиндрических поверхностей накатыванием с нагревом, по сравнению с накатыванием в холодном состоянии, является перспективным технологическим процессом технологической обработки, обеспечивающим высокую мобильность ремонтно-восстановительных работ в удаленных условиях эксплуатации. В работе исследован процесс обработки поверхностей внутренних отверстий накатным роликом с нагревом отверстия пламенем газовой горелки. По результатам испытаний и исследований установлено, что при накатывании с нагревом уменьшается шероховатость обрабатываемой поверхности, происходит деформирование зерен микроструктуры поверхностного слоя материала, что повышает его плотность и устойчивость к возможности образования разгарных трещин при импульсном тепловом воздействии. Накатывание с нагревом целесообразно применять в качестве термо-механической операции для придания требуемой шероховатости, отверстиям высоко нагруженных конструкции, работающих в сложных климатических условиях.

Ключевые слова: конструкционная сталь, пластическое деформирование, накатывание, шероховатость поверхности, микроструктура стали, нагрев.

PROCESSING OF INTERNAL CYLINDRICAL SURFACES ROLLING WITH HEATING

Kotelnikov V.I.¹, Gavrilov G.N.¹, Mironov A.E.², Kashurina A. A.¹, Chernyshov D.A.¹

¹ Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alexeev, Russia, 603950, Nizhny Novgorod, Minin street, 24, e - mail : gavrilov1109@mail.ru

² Central Research Institute Burevestnik

Machining internal cylindrical surfaces with heat nakatyvaniem, compared with nakatyvaniem in the cold, is a promising process of technological processing of high mobility of repair and reconstruction works in remote environments. In the process of surface finishing internal holes nakatnym roller with the heating of a gas burner flame holes. According to the results of tests and studies found that when fashion with heating decreases the roughness of the surface microstructure of grains deformation occurs, the surface layer of the material, which increases its density and resistance to educational opportunities razgarnyh cracks when pulsed thermal effects. The hot rolling is advisable to use as thermo-mechanical operation to impart a desired roughness, holes highly loaded structures operating in harsh climatic conditions.

Keywords: structural steel, plastic deformation, thread rolling, surface roughness, microstructure of steel, by heating.

Процесс поверхностного пластического деформирования металла, нагретого газовой горелкой до температур 550 – 650°C, накатыванием внутренних цилиндрических поверхностей, проводили также на токарно-винторезном станке с зажимом втулки в кулачки патрона станка. Хвостовик накатника зажимался в резцедержатель поперечного суппорта станка так, чтобы ось накатного ролика находилась в плоскости осевого сечения втулки (рис. 1).



Рис. 1. Процесс нагрева внутренней поверхности втулки перед накатыванием

Пламя газовой горелки нагревает торцевую часть и часть внутренней поверхности втулки. После окончания нагрева включалась продольная подача суппорта токарного станка, и увеличивались обороты шпинделя до заданных [1,3].

Величина шероховатости замерялась на внутренней поверхности разрезанной втулки после её остывания. Режимы накатывания нагретой поверхности втулки подбирали идентичными параметрам холодной накатки, применяемым в машиностроении (таблица 1).

Таблица 1

Режимы накатывания с нагревом поверхности

№ п/п	Температура нагрева внутренней поверхности °С	Шероховатость внутренней поверхности заготовки, мкм	Замеренное усилие накатывания, Н	Число оборотов шпинделя, об/мин	Величина подачи, мм/об	Шероховатость после накатывания, мкм
1	20	12,5	3760	30	0,28	3,2
2	20	-«-	3690	60	0,28	3,2
3	20	-«-	3770	120	0,28	3,2
4	500	12,5	1440	30	0,28	1,25
5	-«-	-«-	1480	60	0,28	1,25
6	-«-	-«-	1470	120	0,28	1,25
7	500	12,5	1550	30	0,52	1,25
8	-«-	-«-	1590	60	0,52	1,25
9	-«-	-«-	1580	120	0,52	1,25
10	550	12,5	1210	30	0,28	1,0
11	-«-	-«-	1230	60	0,28	1,0
12	-«-	-«-	1320	120	0,28	1,0
13	550	12,5	1280	30	0,52	1,0
14	-«-	-«-	1290	60-	0,52	1,0
15	-«-	-«-	1320	120	0,52	1,0
16	600	25,0	1160	30	0,28	0,8
17	-«-	-«-	1180	60	0,28	0,8
18	-«-	-«-	1150	120	0,28	0,8

Как видно из результатов замеров, шероховатость обработанной поверхности накатыванием, в основном, зависит от температуры нагрева и почти не зависит от скорости обработки (числа оборотов шпинделя и величины подачи). По сравнению с холодным

накатыванием металла, накатывание с нагревом дает несколько лучшие результаты по шероховатости обработанной поверхности.

Как показали результаты металлографического анализа, накатывание с температурами нагрева до 350 – 450°C не сопровождается уплотнением поверхностного слоя детали. Нагрев же до температур выше 550 – 650°C приводит к уплотнению поверхностного слоя и заглаживанию в поверхностном слое обрабатываемого материала микротрещин, оставшихся после холодной обработки резанием. Степень уплотнения при накатывании зависит от величины усилия, приложенного к поверхности со стороны накатника.

Из обработанных втулок вырезались образцы для металлографических исследований. На рис. 2 показана фотография микроструктуры стали 40Х, обработанной накатыванием с нагревом поверхностного слоя. В слое толщиной 10 – 15 мкм, зерна металла имеют меньшие размеры в сравнении с размерами зерен, примыкающими к данному тонкому слою.

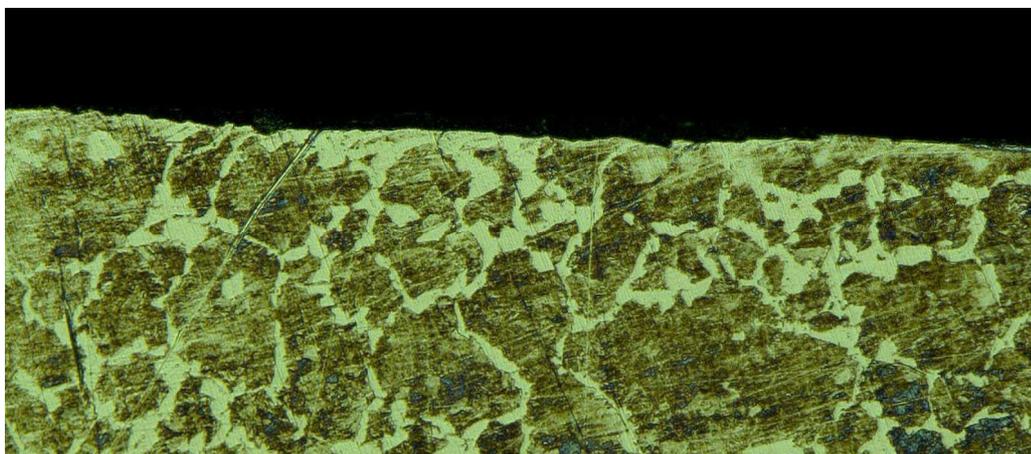


Рис. 2. Микроструктура поверхностного слоя втулки после накатывания нагретого металла, х500

На рис. 3 показана микроструктура поверхностного слоя втулки из той же стали 40Х, но после накатывания в холодном состоянии. При металлографическом анализе установлено, что в этом случае величина зерна одинакова как в поверхностном слое, так и в более глубоких прилегающих к нему слоях.

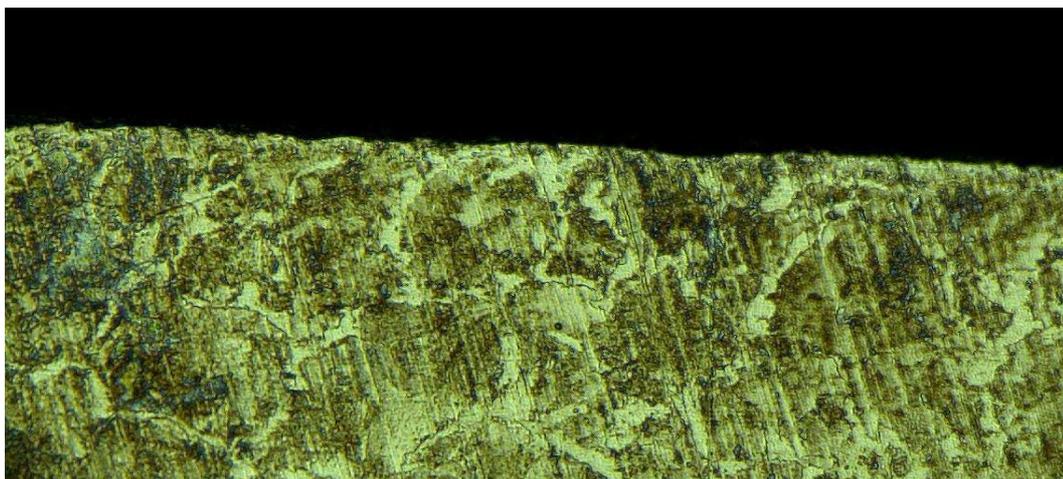


Рис. 3. Микроструктура поверхностного слоя втулки после накатывания холодного металла, x500

На рисунках 4 и 5 показана микроструктура внутренних слоев металла втулки после обработки с нагревом и после накатывания холодного металла.

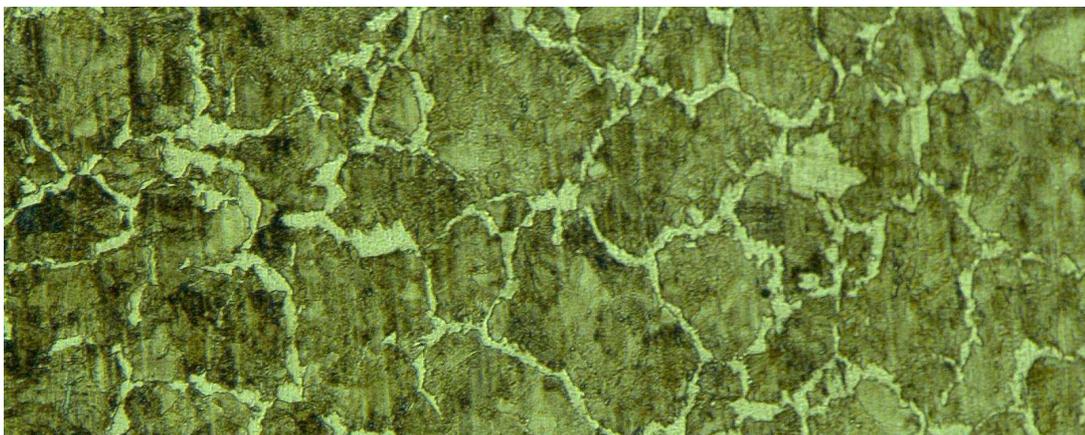


Рис. 4. Микроструктуры срединных слоев втулки после обработки накатыванием с нагревом, x500

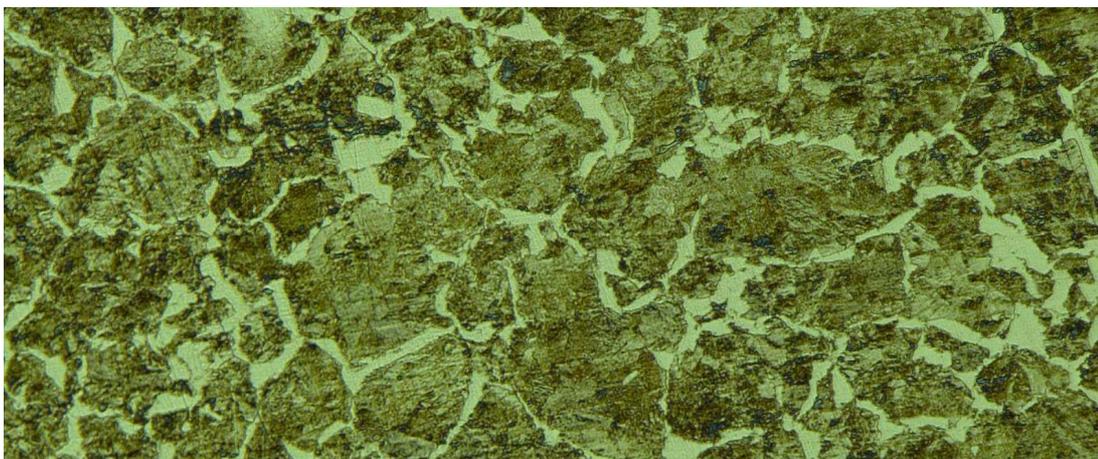


Рис. 5. Микроструктуры срединных слоев втулки после обработки накатыванием холодного металла, x500

По результатам металлографического анализа микроструктуры обработанных изделий из стали 40Х, можно отметить, что при накатке с нагревом происходит уменьшение размера зерен [2]. Это свидетельствует о том, что в результате накатки нагретого поверхностного слоя под действием усилия накатывания зерна микроструктуры деформируются и измельчаются, что приводит к уплотнению металла.

Накатывание с нагревом целесообразно применять в качестве термо-механической операции для придания требуемой шероховатости, устойчивости к возникновению продольных трещин разгара при импульсном тепловом и динамическом воздействии, отверстиям высоко нагруженных конструкций, работающих в сложных климатических условиях, т.к. данный вид обработки высоко мобилен в ремонтно-восстановительных работах в удалённых условиях эксплуатации, к которым относятся: Сибирь, Арктика.

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено, что процесс накатывания с нагревом внутренней поверхности полых цилиндрических деталей может быть рекомендован, взамен холодной обработки накатыванием, как обеспечивающий уплотнение поверхностного слоя металла, что делает поверхность устойчивой к возникновению продольных трещин разгара при импульсном тепловом и динамическом воздействии.

Работы выполнены в Нижегородском Государственном Техническом Университете им. Р.Е. Алексеева в соответствии с соглашением №14-33-000 32 шифр «1 – РНР – 1», от 9 сентября 2014г. «Создание совместной научной лаборатории конструкционных и функциональных материалов для сложных технических систем, эксплуатируемых в экстремальных условиях арктического и субарктического климата».

Список литературы

1. Газопламенная обработка металлов / Г.В.Полевой, Г.К.Сухинин. – М.: Изд-во «Академия», 2005. – 336с.
2. Ильин С.И., Корягин Ю.Д. Технология термической обработки сталей: Учебное пособие. – Челябинск: Издат.центр ЮУрГУ, 2009. – 120с.
3. Основы резания металлов с нагревом. Монография / В.И.Котельников, НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2012. – 199с.
4. Суслов А.Г., Дальский А.Н. Научные основы технологии машиностроения. – М.: «Машиностроение», 2002. – 684с.
5. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. 6 – е изд., испр. и доп. / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Н.Ф. Вязов и др. – М.: Машиностроение, 2005. – 592 с.

Рецензенты:

Пачурин Г.В., д.т.н., профессор кафедры «ПБЭиХ» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород;

Михаленко М.Г., д.т.н., профессор, директор института физико-химических технологий и материаловедения Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород.