

Н.И. Жигалко, канд.техн.наук,  
Э.Е. Рабинович, канд.техн.наук

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПРОТЯНУТОЙ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ 35ХГСА

Протягивание является чаще всего получистовым и чистовым методом обработки деталей резанием. Одним из требований, предъявляемых к протягиванию, является высокое качество обработанных поверхностей. Последнее, как известно, определяется физико-механическими свойствами и микронеровностями, полученными в результате срезания стружки.

Наибольшее влияние на шероховатость обработанной поверхности оказывают свойства обрабатываемого материала и материала инструмента, скорость резания, геометрические параметры зубьев протяжки и другие условия обработки.

Шероховатость обработанной поверхности в большей степени зависит от структуры стали. На высоту неровностей значительное влияние оказывает количество свободного феррита, а также форма частиц цемента. Чем больше в структуре стали свободного феррита, тем больше высота неровностей. Получение максимальной высоты неровностей протянутых поверхностей обычно наблюдается при структуре пластинчатого перлита и обработке с повышенными скоростями резания. Если сталь 35ХГСА подвергнуть сфероидизирующему отжигу при  $780^{\circ}\text{C}$  или изотермическому отжигу при  $900^{\circ}\text{C}$ , то наилучшей ее структурой, обеспечивающей максимальные скорости резания при протягивании, будет зернистый или тонкопластинчатый перлит или феррит в виде сетки. При протягивании же среднеуглеродистых сталей со структурой пластинчатого перлита и феррита наблюдается хорошо обработанная поверхность при сравнительно низких скоростях резания (от 3 до 15 м/мин).

Целью настоящей работы явилось исследование обрабатываемости стали марки 35ХГСА протягиванием с точки зрения получения стабильной шероховатости поверхности 6-го класса при обработке лысок блокирующего пальца синхронизатора автомобиля КамАЗ. Исследования проводились на скоростном вертикально-протяжном станке модели МП228 с тяговой силой 10 тс.

Химический анализ протягиваемых образцов показал наличие в стали следующих элементов: С = 0,36%, Cr = 1,21%; Si = 1,03%, Mn = 0,97%.

Образцы подвергались термообработке по следующим наиболее широко применяемым в промышленности режимам: а) в состоянии поставки (твердость HRC =8-18, структура - зернистый перлит); б) при нормализации (нагрев до 950°, выдержка в течение 1 ч, охлаждение на воздухе; твердость HRC = 28-30, структура -- сорбит); в) при улучшении с высоким отпуском (структура -- зернистый перлит, твердость HRC =18-22).

Измерение шероховатости производилось на профилографе модели "Surtronik", оснащенном электромеханическим датчиком и позволяющим с большой точностью в широком диапазоне определять шероховатость обработанной поверхности.

Как показали результаты испытаний, большее влияние на шероховатость обрабатываемой поверхности оказывают режимы протягивания и геометрические параметры зубьев  $\gamma$  и  $\alpha$ .

При больших подъемах на зуб  $s_z \geq 0,05$  мм шероховатость поверхности находилась в пределах 3...4-го классов. Уменьшение подъема на зуб до 0,03...0,04 мм позволило получить 5-й класс шероховатости протянутой поверхности, а при  $s_z = 0,01...0,02$  мм был достигнут даже 6-7-й класс шероховатости. Следует отметить большое влияние переднего угла зубьев протяжки  $\gamma$  на шероховатость поверхности. Наименьшая шероховатость была получена при обработке протяжками с  $\gamma = 20^\circ$ .

Решающее влияние на процесс наростообразования и, следовательно, на шероховатость протянутой поверхности оказывает скорость резания (рис. 1). Горбообразный характер кривых  $R_a = f(v)$ , как указывалось, связан с явлением образования нароста. При малых скоростях ( $v = 1,5...2,5$  м/мин) шероховатость в среднем соответствовала 6-му классу. Дальнейшее повышение скорости протягивания привело к значительному ухудшению шероховатости поверхности. Максимальная величина неровностей на обработанной поверхности наблюдалась при  $v = 8...12$  м/мин. С дальнейшим увеличением скорости протягивания (свыше 15 м/мин) шероховатость поверхности уменьшалась. При скорости протягивания 30 м/мин она соответствовала 6-му классу, а при  $v = 50$  м/мин -- 7-му классу шероховатости, что объясняется минимальной величиной нароста при сравнительно высокой температуре в зоне резания.

Большое влияние на шероховатость поверхности при протягивании стали 35ХГСА оказывал также вид термообработки протягиваемого материала. Кривая 1 (см. рис. 1), характе-

ризующая зависимость  $R_a = f(v)$ , получена при протягивании стали со структурой скрыто-пластинчатого перлита и феррита в состоянии поставки. Кривая 2 получена при протягивании стали 35ХГСА после нормализации со структурой сорбита с повышенной твердостью  $HRC=28...30$ . Результаты указанных опытов свидетельствуют о том, что после нормализации стали 35ХГСА произошло значительное уменьшение шероховатости протянутой поверхности (в среднем на полкласса 1-го класса).

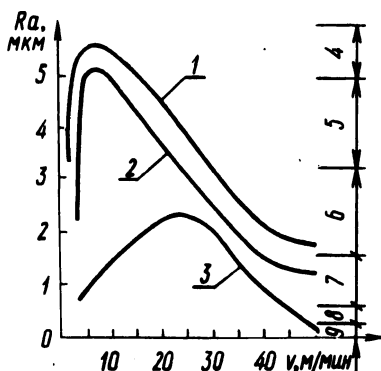


Рис. 1. Зависимость шероховатости поверхности от скорости протягивания стали 35ХГСА (кривые 1, 2) с  $s_z = 0,03$  мм и стали 30ХГСА (кривая 3) с  $s_z = 0,025$  мм: 1 – в состоянии поставки с  $HRC = 18 \dots 21$ ; 2 – нормализованной с  $HRC = 28 \dots 30$ ; 3 – закаленной с  $HRC = 48 \dots 52$ .

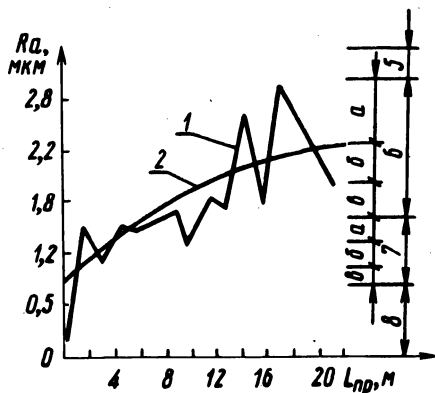


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности от степени затупленности протяжек при обработке стали 35ХГСА с  $HRC = 18 \dots 21$ ,  $v = 3$  м/мин;  $s_z = 0,01$  мм;  $\gamma = 20^\circ$ ;  $\alpha = 5^\circ$ : 1 – усредненные точки замеров высоты неровностей; 2 – корреляционная кривая.

Большой интерес с точки зрения достоверности наших опытов вызывает сравнение их результатов с опытами других исследователей. Например, аналогичные исследования были выполнены в Челябинском политехническом институте в широком диапазоне скоростей  $v = 5 \dots 50$  м/мин при протягивании термообработанной стали 30ХГСА до высокой твердости ( $HRC = 48 \dots 52$ ). В диапазоне скоростей  $v = 25 \dots 50$  м/мин наши результаты хорошо согласуются с указанными исследованиями (рис. 1, кривая 3). Вместе с тем максимальная величина шероховатости поверхности смещена в зону более высоких скоростей протягивания, что, видимо, связано с особенностями

обработки более твердой стали (HRC= 48...52) твердосплавными протяжками.

В свою очередь, сравнение кривых, приведенных на рис. 1, показывает, что шероховатость протянутой поверхности при различных скоростях резания имеет наименьшую величину при обработке более твердых сталей указанного состава.

Произведем математическую обработку экспериментальных данных по изменению шероховатости протянутой поверхности в зависимости от степени затупленности протяжек (рис. 2, кривая 1), которая характеризуется на графиках суммарной длиной протянутой поверхности. Разбросанность опытных точек, несмотря на большое число измерений, не позволяет проследить функциональную связь между исследуемыми параметрами. Для установления возможной корреляционной связи необходимо провести математическую обработку опытных данных, определив криволинейную линию регрессии или проведя параболическое интерполирование по методу наименьших квадратов.

Используем уравнение корреляции в виде параболы второго порядка. Искомое уравнение параболической регрессии получено в виде  $y = 0,943 + 0,138x - 0,0032x^2$ . Это уравнение отражает картину зависимости  $R_a = f(L_{пр})$ :

Из-за затупленности протяжки по мере увеличения длины протягивания до 8 м происходит значительное ухудшение шероховатости от 7 до 6-го класса. В области износа протяжки после суммарных длин протягивания 16-21 м кривая 1 постепенно выравнивается. Это свидетельствует о том, что выбранные в процессе исследования параметры протяжки обеспечивают стабильное получение 6-го класса шероховатости обработанной поверхности стали 35ХГСА.

По результатам проведенных исследований были установлены режимы протягивания, геометрические параметры и конструктивные элементы протяжки для обеспечения наименьшей шероховатости обработанной поверхности при протягивании стали марки 35ХГСА. Выбранные параметры были положены в основу разработки конструкции протяжки, предназначенной для обработки лысок блокирующего пальца синхронизатора автомобиля КамАЗ.