

ОЦЕНКА УПРОЧНЕНИЯ РЕЗЬБЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЗЬБОНАКАТЫВАНИЯ

А.Н. Афонин, к.т.н., доц.

ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», Орел, Россия

Значительная часть деталей, выпускаемых в современном машиностроении, имеет резьбы. Повышение эксплуатационных характеристик деталей машин, содержащих резьбовые поверхности, как правило, требует повышения твердости поверхностного слоя витков резьбы. Одним из наиболее эффективных способов упрочнения резьбовых поверхностей является применение обработки пластическим деформированием – накатывания. Однако, рекомендации по выбору технологии накатывания, обеспечивающей заданные параметры упрочненного слоя, в настоящее время отсутствуют.

Степень упрочнения материала заготовки может быть определена из величины эквивалентной пластической деформации. Характер влияния степени деформации на твердость материала заготовки весьма сложен [2] и зависит не только от кривой упрочнения, но и от схемы деформации. Для сложных объемных и немонотонных процессов пластического деформирования, к которым относится резьбонакатывание [4, 5], зависимость упрочнения от деформации на сегодняшний день может быть определена только экспериментальным путем.

Для определения полей деформаций в заготовке при накатывании резьб проведено моделирование данного процесса с помощью метода конечных элементов (МКЭ) в системе [DEFORM-3D](#) [3]. Заготовка при моделировании принималась жестко-пластичной; инструмент - идеально жестким. Механические свойства материала заготовки задавались с помощью мультиточечных кривых упрочнения, приведенных в базе материалов DEFORM. Для проведения исследований были выбраны сталь 45, являющаяся одним из наиболее распространенных в машиностроении материалов; сталь 35Х, широко используемая для изготовления ответственных деталей с ходовыми и крепежными резьбами; сталь ШХ15, применяемая для изготовления деталей шарико-винтовых и ролико-винтовых передач.

Полученные в результате моделирования поля деформаций при накатывании резьбы Tr40x6 на заготовке из стали 45 приведены на рис. 1.

Натурный эксперимент по накатыванию резьб производился с помощью разработанных в ОрелГТУ аксиальных резьбонакатных головок. В качестве заготовок использовался прокат в состоянии поставки. Измерение твердости по Виккерсу накатанной резьбы проводилось с помощью автоматизированного измерительного комплекса Ceiss.

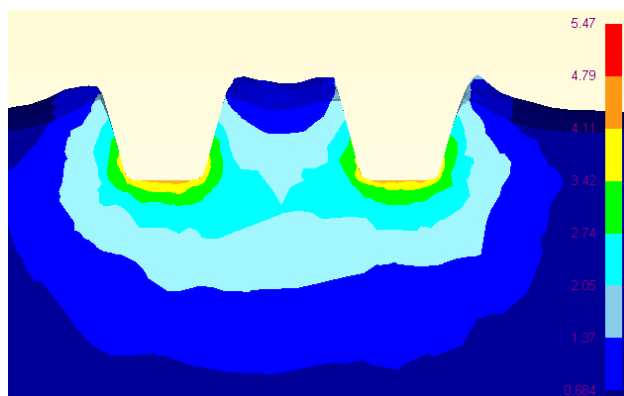


Рис. 1. Распределение эквивалентных деформаций при накатывании резьбы Tr40x6 на заготовке из стали 45.

Сравнение распределения по глубине твердости по Виккерсу [1, 4, 5] и эквивалентных деформаций во впадине резьбы Tr40x6, накатанной на заготовке из стали 45, приведено на рис. 2. Из сравнения можно сделать вывод о том, что полученные при моделировании поля эквивалентных деформаций с удовлетворительной точностью совпадают с результатами экспериментальных исследований.

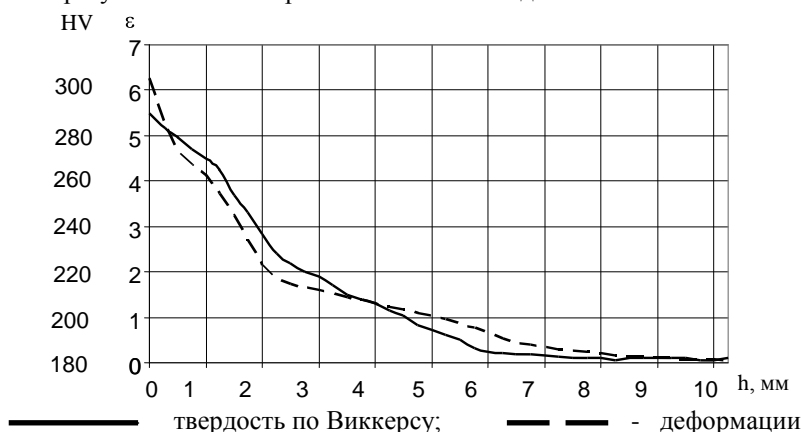


Рис. 2. Распределение по глубине твердости по Виккерсу и эквивалентных деформаций во впадине накатанной на заготовке из стали 45 резьбы Tr40x6.

С помощью анализа результатов моделирования и экспериментальных исследований методом наименьших квадратов получены регрессионные зависимости твердости по Виккерсу HV от эквивалентных деформаций ε при резбонакатывании:

для стали 45

$$HV = 180,44 + 28,546\varepsilon - 0,8247\varepsilon^2;$$

для стали 35X

$$HV = 210,68 + 29,41\varepsilon - 1,8733\varepsilon^2;$$

для стали ШХ15

$$HV = 249,01 + 26,35\varepsilon - 2,0038\varepsilon^2.$$

Полученные регрессионные модели позволяют оценивать степень упрочнения при накатывании резьб с погрешностью, не превышающей 20%, что является вполне допустимым. Графически полученные соотношения между степенью деформации и твердостью по Виккерсу при накатывании резьб показаны на рис. 3.

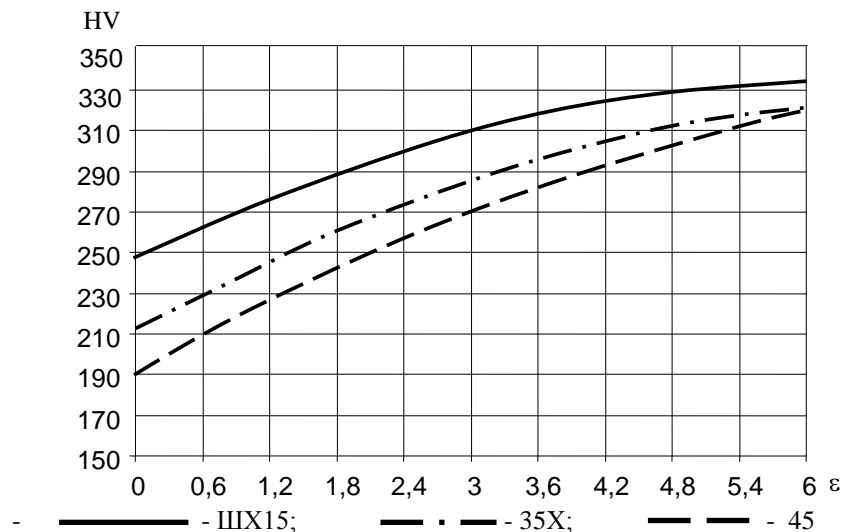


Рис.3. Соотношение между эквивалентными деформациями и твердостью по Виккерсу при накатывании резьб.

Из приведенных графиков видно, что с увеличением степени деформации влияние ее на твердость материала снижается, что хорошо согласуется с известными данными [2].

Разработанный комплекс моделей позволяет при проектировании технологии изготовления ответственных резьбовых деталей заранее предсказывать степень упрочнения витков накатанной резьбы и вносить соответствующие изменения в технологический процесс. Так, если по результатам расчета степень упрочнения резьбы после накатывания окажется недостаточной, в технологический процесс необходимо ввести дополнительную упрочняющую операцию, например термическую.

Аналогичные зависимости в дальнейшем могут быть разработаны для других способов формообразования и упрочнения поверхностей пластическим деформированием, например дорнования.

Литература

1. Васильчиков М.В., Волков М.М. Поперечно-винтовая прокатка изделий с винтовой поверхностью. - М.: Машиностроение, 1968. - 142 с.
2. Дель Г.Д. Определение напряжений в пластической области по распределению твердости. - М.: Машиностроение, 1971. - 198с.
3. Киричек А.В., Афонин А.Н. Исследование напряженно деформированного состояния резбонакатного инструмента и заготовки методом конечных элементов // СТИН, 2007, №7. – С. 21-25.
4. Киричек А.В., Афонин А.Н. Резбонакатывание. Библиотека технолога. - М.: Машиностроение, 2009. – 312 с.
5. Накатывание резьб, червяков, шлицев и зубьев. / В.В. Лапин, М.И. Писаревский, В.В. Самсонов, Ю.И. Сизов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 228 с.