

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЛОИСТОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

И.В. Шмидт

Слоистые системы или детали с модифицированными слоями широко используются в машиностроении при обеспечении бесперебойной работы деталей и узлов, работающих в условиях повышенного износа и агрессивных средах. Принципиальным отличием слоистых систем от монолитных деталей является наличие слоев из различных материалов, нанесенных на основной материал конструкции. В последнее время находят широкое применение слоистые системы с полимерно-композитными материалами (ПКМ), при изготовлении которых применяются традиционные методы механической обработки – точение, шлифование.

Как известно из практики, нередко в процессе обработки слоистой системы при интенсивных режимах резания образуются дефекты типа отслоения или разрушения слоя. Здесь сказывается различие свойств материалов, входящих в слоистую систему. Прочностные свойства ПКМ на порядок ниже, чем у традиционных конструкционных материалов. Кроме того, существуют предельные силы сцепления между слоями. Каждый материал любого из слоев имеет свой максимально допустимый предел прочности (например, предел прочности на отрыв от стали слоя из ПКМ составляет 5...50 МПа), который будет влиять на назначение режимов резания при обработке слоистой системы.

Кроме того, деформационные свойства ПКМ значительно отличаются от свойств металлов. Такое различие предопределяет сложный характер напряженного состояния, возникающего от действия силы резания \bar{p} . Следовательно, актуальна задача анализа напряженного состояния системы в целом под действием сил резания. Эта задача решалась методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS 11.0, путем создания твердотельной модели заготовки и наложение условий, имитирующих технологические параметры обработки (рис. 1) [1, 2].

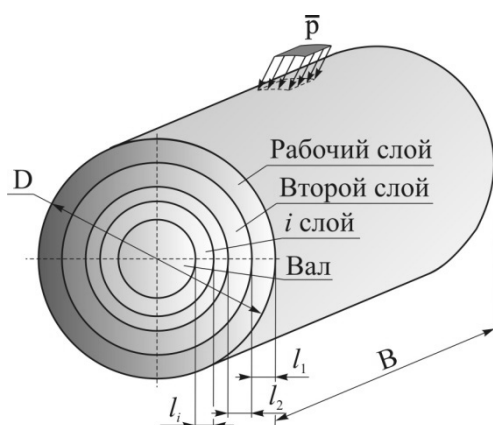


Рис. 1. Схема нагружения слоистой системы при механической обработке

По построенной модели проведены расчеты напряженного состояния заготовки под действием сил резания для типовых конструкций слоистых металлополимерных систем, в результате которых получены перемещения и поля напряжений во всех слоях систем.

В данной работе показано влияния технологических условий обработки и конструкции слоистой системы на примере напряженного состояния трехслойной системы с рабочим слоем из стали и средним слоем из металлополимера при токарной обработке.

В качестве критерия оценки влияния факторов приняты величины максимальных нормальных напряжений в направлении осей X , Y и касательных напряжений в направлении XU в зависимости от составляющих силы резания P_x , P_y , P_z для различных параметров слоистой системы.

На рис. 2–4 представлены влияние максимальных сжимающих и растягивающих нормальных напряжений в слое ПКМ в направлении X и Y , а также касательных напряжений в направлении XU для разных диаметров слоистой системы в зависимости от изменения толщины слоя ПКМ ($E = 14$ ГПа), при толщине обрабатываемого слоя 2 мм.

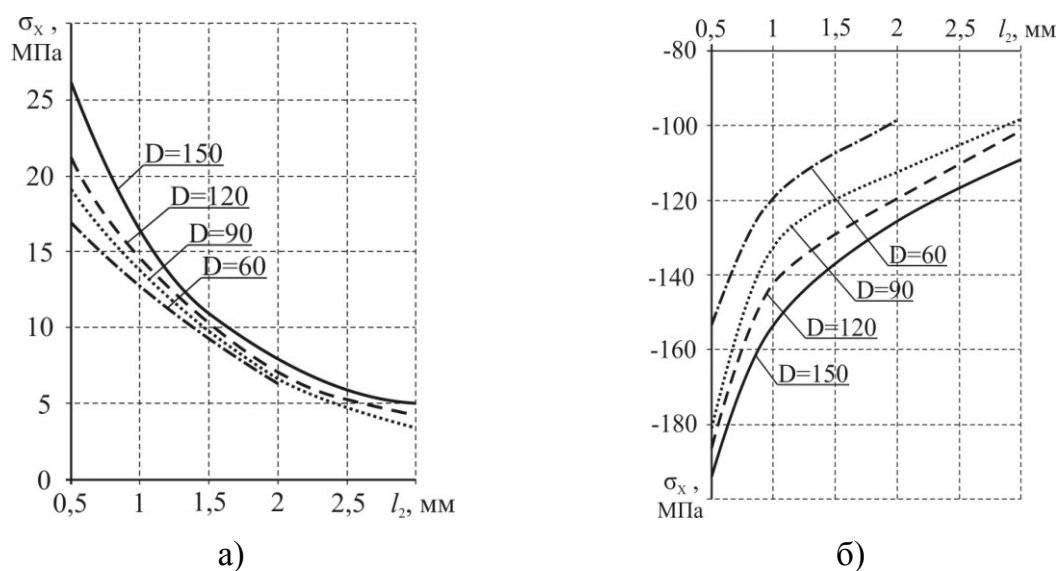


Рис. 2. Влияние толщины слоя ПКМ на изменение максимальных нормальных напряжений в направлении X для разных диаметров слоистой системы: а – растягивающих; б – сжимающих

На приведенных зависимостях видно, что при увеличении полимернокомпозитной прослойки наблюдается снижение нормальных растягивающих напряжений почти в 5 раз, а сжимающих в 1,5–2 раза (рис. 2), при этом касательные напряжения увеличиваются на 15–20 % (рис. 4, а). При увеличении диаметра D с 60 до 150 мм наблюдается увеличение растягивающих нормальных напряжений на 25–60 % и 1,5–3 раза в направлении X и Y соответственно (рис. 2, а; 3, а). Сжимающие напряжения в этих же направлениях уменьшаются на 50–60 %. Касательные напряжения в направлении XU изменяются в пределах 15–35 %.

Изменение толщины рабочего (обрабатываемого) слоя от 1 до 2 приводит к снижению напряжений во всех направлениях как сжимающих, так и растягивающих в 2,5–4,5 раза.

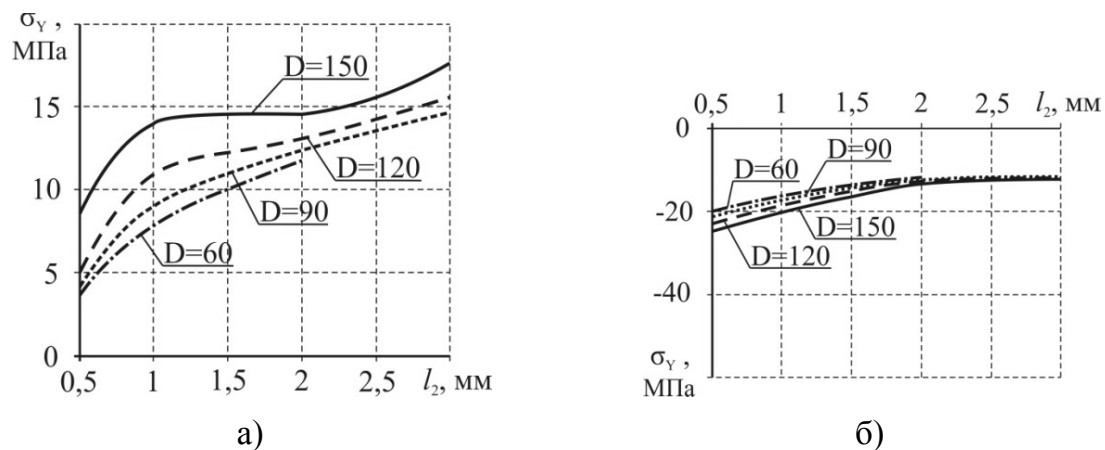


Рис. 3. Влияние толщины слоя ПКМ на изменение максимальных нормальных напряжений в направлении Y для разных диаметров слоистой системы: а – растягивающих; б – сжимающих

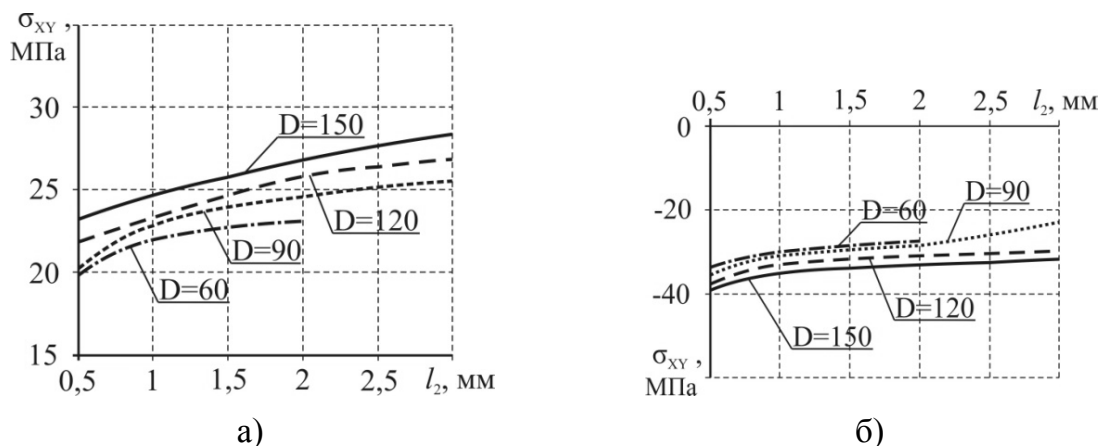


Рис. 4. Влияние толщины слоя ПКМ на изменение максимальных касательных напряжений в направлении XY для разных диаметров слоистой системы: а – растягивающих; б – сжимающих

При увеличении длины от равной половине диаметра до равной двум диаметрам наблюдается рост растягивающих напряжений и снижение сжимающих в среднем на 10–15 % по направлениям X , Y , XY .

Изменение модуля упругости полимерно-композитного слоя также достаточно сильно влияет на изменение на уровень максимальных напряжений. Так увеличение модуля упругости от 2 до 20 ГПа при равных технологических условиях приводит к росту нормальных напряжений 2,5–5 раз и касательных – в 3–3,5 раза (рис. 5).

Также следует отметить, что существенное влияние оказывает и место приложения нагрузки. Так при перемещении инструмента от конца слоистой системы к месту закрепления наблюдается увеличение растягивающих напряжений на 20–30 % и уменьшение сжимающих напряжений на 15–25 %. При этом минимальные значения наблюдаются в начале обработки, т. е. в удалении от места закрепления заготовки. Максимальные же значения зафиксированы в середине длины слоистой системы.

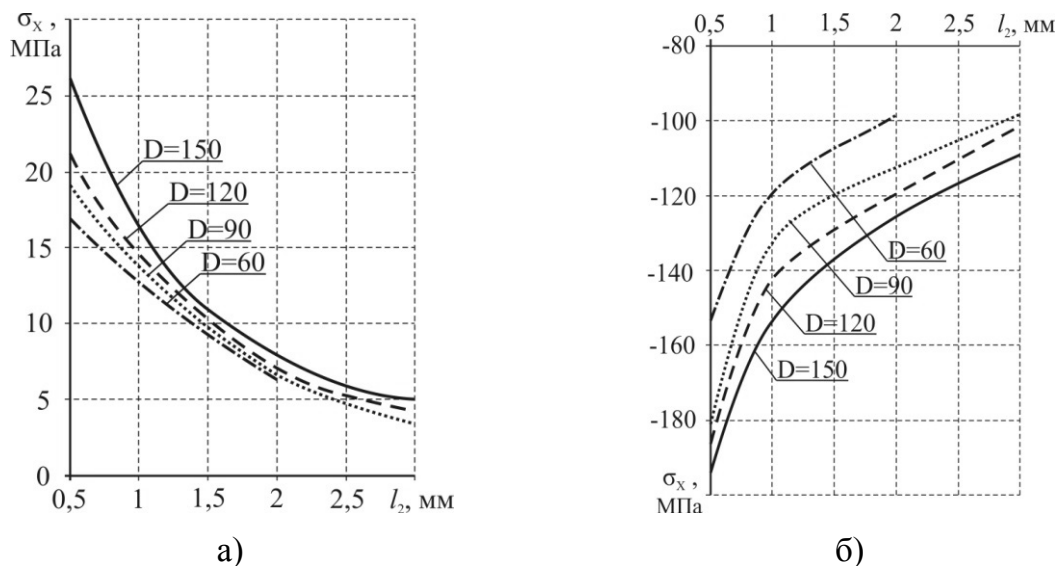


Рис. 5. Влияние модуля упругости ПКМ на изменение максимальных растягивающих напряжений для разных диаметров слоистой системы: а – в направлении X ; б – в направлении Y ; в – в направлении XU

Изменение технологических условий: изменение подачи и глубины резания существенно влияет на нагруженность полимерно-композитного слоя. Уменьшение подачи в 2 раза (уменьшение составляющих силы резания на 30–45 %) приводит к уменьшению нормальных и касательных напряжений в рассматриваемых направлениях на 38–40 %. Изменение глубины резания в 2 раза в меньшую сторону вызывает снижение максимальных напряжений на 33 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что на уровень нагруженности полимерно-композитного слоя в слоистой металлополимерной системе при точении ее рабочего слоя в направлениях X , Y и XU основное влияние оказывают свойства полимерно-композитного материала, технологические условия (место приложение и уровень нагрузки) и конструктивные параметры системы.

Библиографический список

1. Шмидт, И.В. Модель напряженного состояния полимерно-композитной слоистой системы при механической обработке резанием / И.В. Шмидт // Фундаментальные проблемы техники и технологии. – 2010. – № 4. – С. 46–48.
2. Шмидт, И.В. Расчет эффективных режимов обработки слоистых систем с полимерно-композитными материалами / И.В. Шмидт // Будущее машиностроения России: сб. тр. Всерос. конф. молодых ученых и специалистов. – ФГУП НТЦ «Информрегистр». – № 0321001780.