

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ МНОГОСЛОЙНЫХ МЕТАЛЛ-КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Пашнёв В.А., Пименов Д.Ю., Кольцова М.С. (Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия)

Тел. 8-(351)-267-92-67; E-mail: pashnevva@susu.ru

Abstract: Article mathematical model of temperature field of 3-layer metal-composite system when grinding her working layer, taking into account various thermal characteristics of the material layers of the system.

Keywords: metal composites, laminates, polymers, mathematical model, grinding, temperature.

1. Введение

В современных технических решениях для техники аэрокосмической, машиностроительной и металлургической промышленности применяются слоистые металл-композитные конструкции (МКК). При эксплуатации и при механической обработке МКК подвергаются механическим нагрузкам и воздействию температуры. Опираясь на исследования материаловедов [1] известно, что металлы и композиции на основе металлов и полимеров ведут себя в условиях механической и температурной нагрузки - различно. Это связано с разными величинами физических характеристик материалов [1] (температурный коэффициент расширения, теплоемкость, теплопроводность, модуль юнга, коэффициент Пуассона и т.д.). Различность поведения в условиях нагрузки [2] и температуры составляющих МКК может привести к нарушению целостности конструкции либо утрате части свойств элементов, составляющих конструкцию (например, нарушение свойств сплошности границы раздела, деструкции полимерного слоя, необратимым изменениям компонентов МКК).

Ряд МКК в процессе своего изготовления подвергаются механической обработке. В процессе шлифования МКК в зоне шлифования температуры могут достигать критических температур. Это может привести к ряду дефектов [2] (прижоги, деструкция слоя полимерно-композитного материала, отслоения и т.д.).

Актуальной задачей является исключение возникновения прижогов в процессе шлифования. Данную задачу можно решить путем соотнесения режимов шлифования с температурным полем в слоях МКК.

Цель исследования: обеспечение бездефектности шлифования МКК.

2. Основная часть

При шлифовании цилиндрических металл-композитных структур преимущественно применяется схема круглого наружного шлифования с радиальной подачей (рис. 1, 2).

С точки зрения теплофизики такая наладка естественным образом приводит к двумерной расчетной схеме.

По данной расчетной схеме имеем стационарный тепловой источник интенсивностью q , распределенный по дуге L_k . За пределами действия теплового источника происходит теплоотвод с коэффициентом теплоотвода (в результате воздействия технологической жидкости). Температурное поле от этого теплового источника распространяется в среде, которая вращается с угловой скоростью ω . Поэтому температурное поле формируется не только за счет теплопередачи, но и в результате конвективного переноса.

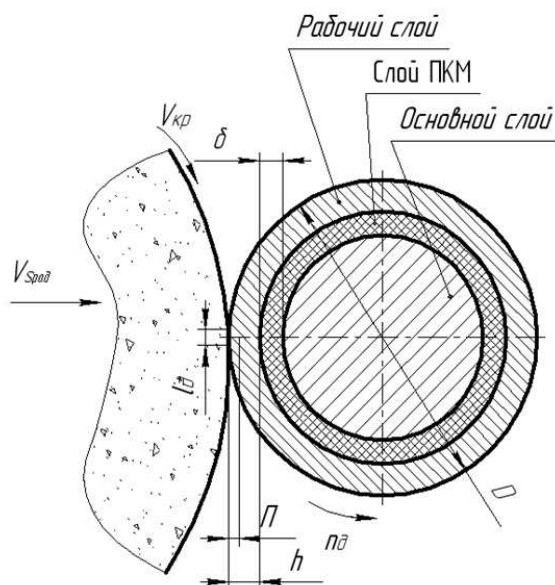


Рис. 1. Кинематическая схема круглого наружного шлифования с радиальной подачей: D — диаметр рабочей поверхности (диаметр заготовки); V_{srad} — радиальная подача круга; V_d — скорость резания; L_0 — дуга контакта круга с заготовкой; h — толщина рабочего слоя; δ — толщина полимерно-композитного слоя; Π — припуск на сторону; n_0 — число оборотов шпинделя

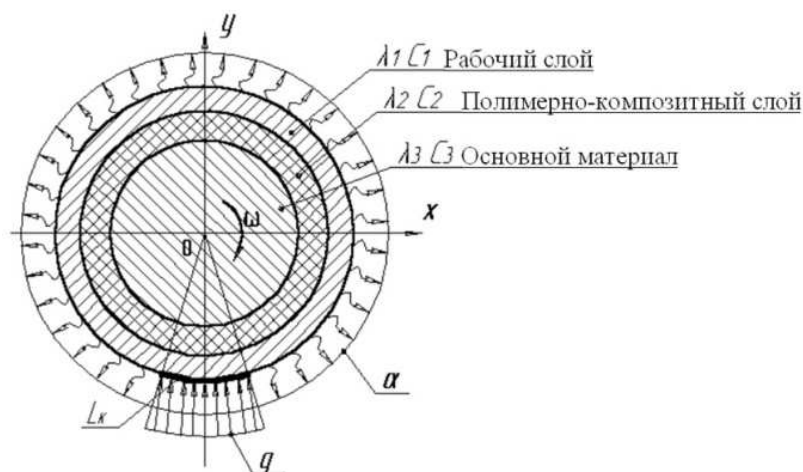


Рис. 2. Двумерная расчетная схема

температур в ряде характерных точек. В первую очередь, выделяются две точки:

- шлифуемая поверхность – внешняя граница рабочего слоя;
- граница между рабочим слоем и слоем полимерного композита;

Из рис. 3 видно, что свойства ПКМ существенно влияют на все показатели температурного поля: максимальную температуру нагрева шлифуемой поверхности, прогрев рабочего слоя в подповерхностных слоях (глубины 1–3 мм), теплоотвод через слой ПКМ.

Построена математическая модель температурного поля для вышеуказанной схемы шлифования. Эта модель применима для описания температурных полей любых МКК в том числе многослойных.

На базе математической модели разработан программный комплекс для расчета температурного поля МКК. Для ряда МКК получены расчетные данные. Расчетные данные проверены экспериментально.

3. Результаты исследований и обсуждение

Полученная модель отражает характер температур в МКК при шлифовании и может быть использована для анализа температурного поля слоистых систем при шлифовании.

Анализ дефектов шлифования МКК и характер температурного поля МКК при шлифовании её рабочего слоя, проведенный в работе показал, что практический интерес представляют значения

В характерных точках МКК температура может достигать критических значений. Это приводит к необратимым дефектам.

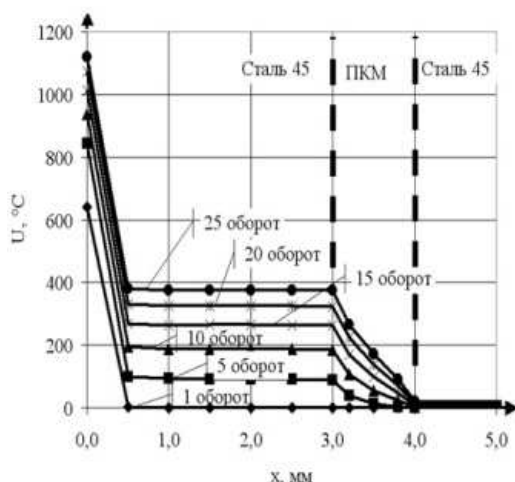


Рис. 3. Распределение температур по глубине в момент выхода из зоны шлифования (нагрев) для МКК (3–1–50 мм; ПКМ (1– групп))

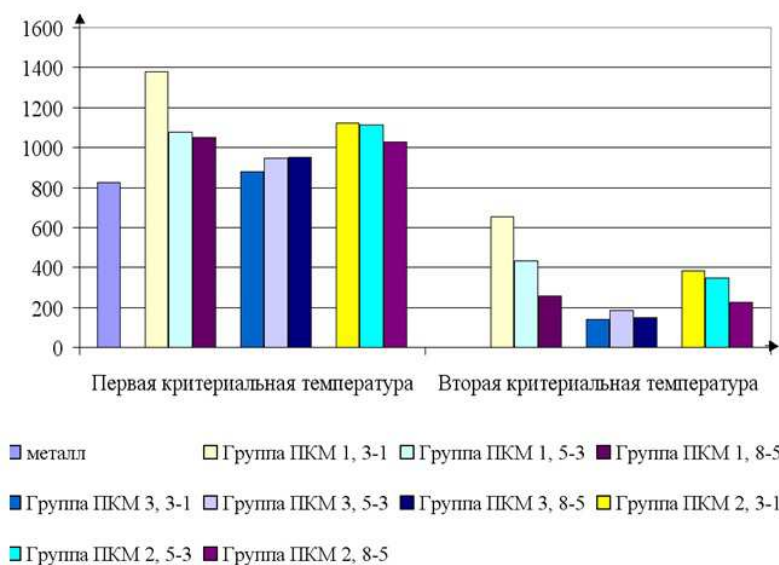


Рис. 4. Влияние конструкции МКК на максимумы критериальных температур

шлифуемого металлического слоя и аккумулируя в себе тепло за счет более высокой теплоёмкости, значительно замедляют процессы охлаждения рабочего слоя.

Анализ показал, что при увеличении мощности теплового источника в 5 раз на шлифуемой поверхности МКК температура возрастает от 3,8 до 4 раз, а на границе рабочего и полимерно-композитного слоев температура возрастает в 5,8 – 8 раз.

Гистограмма на рис. 4 указывает значения критериальных температур в конце цикла шлифования, то есть их максимальные значения.

4. Заключение

(1) Анализ температурных полей в МКК при шлифовании показал, что при типовых режимах шлифования температуры в слое ПКМ могут превышать предельные значения для материалов этих слоев.

(2) Анализ температурных полей МКК показал, что промышленные полимерно-композитные материалы, обладая низкой теплопроводностью, способствуют

Список литературы: 1. Пашнёв В.А., Пименов Д.Ю. Анализ напряженного состояния трехслойной металлокомпозитной системы подшипниковых узлов при шлифовании // Механика композитных материалов. – 2015. – Т. 51, № 1. – С. 109-128. 2. Справочник по композиционным материалам: в 2-х кн. Кн. 2 / Под ред. Дж. Любина / Пер. с англ. А.Б. Геллера и др.; Под ред. Б.Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – 584 с.