

РЕКОНСТРУКЦИЯ РАБОЧИХ КЛЕТЕЙ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПЛАНОК

Александров И.В., Алиев И.С., Бобух И.А.
АО НКМЗ, ДГМА

Для защиты поверхностей трения станин рабочих клетей и валковых опор-подушек в мировой практике принято устанавливать в обработанные проемы станин облицовочные планки с разной твердостью поверхностей трения и поверхностей примыкания. Твердость поверхностей трения рекомендуется в пределах 56...60 HRC. Результаты применения таких облицовочных планок-наделок и их преимущества широко освещены, однако теоретическое обоснование повышения твердости, состав компонентов применяемого слоистого материала не раскрываются.

В работе с учетом упруго-пластических деформаций на контактных поверхностях выполнено обоснование величины твердости поверхностей трения и примыкания облицовочных планок на основе троботехнических теорий. Показано, что твердость 300HV поверхности трения обеспечивает длительную эксплуатационную надежность биметаллических планок. Для указанной твердости плакирующего слоя и твердости основного слоя <179HV обоснован выбор материала компонентов биметаллических планок: сталь Ст3 для основного слоя и Сталь 65Г для плакирующего слоя. Отмечается повышенная ударная и циклическая вязкость биметалла, что способствует гашению резонансных колебаний, снижению пиков напряжений при неравномерности их распределения, что очень важно для функционального назначения облицовочных планок.

Отношение слоев компонентов биметалла является необходимым параметром для конструирования биметаллических облицовочных планок. Классические методы расчета рассматривают облицовочные планки, как недеформируемую проставку, которая передает силы с поверхности трения определенных размеров на поверхность примыкания, и не учитывают демпфирующее влияние слоев биметалла и их относительные толщины.

Методом конечных элементов рассмотрено напряженно-деформированное состояние металла при исследовании как рабочей клетки в целом, так и на контакте подушек со станинами.

Конечно-элементная модель и условия нагружения клетки были созданы по чертежным размерам в сборе со станинами, подушками, валками, нажимным механизмом и планками.

Определение напряженно-деформированного состояния на поверхности примыкания биметаллических облицовочных планок

потребовало решить задачу о величине переменного модуля упругости компонентов, составляющих биметалл.

Основное допущение при этом состоит в том, что продольные волокна металла не взаимодействуют между собой и поэтому слои испытывают простое растяжение-сжатие и подчиняются закону Гука для линейно-напряженного состояния ($\sigma_i = \varepsilon_i \cdot E_i$). Таким образом, решение задачи при сложно-напряженном состоянии сводится к решению линейного напряженного состояния, причем модуль упругости не остается величиной постоянной, а меняется в зависимости от деформации, а величина E_i является параметром упругости или по И.А. Биргеру – секущим модулем упругости.

Без учета упрочнения материала основного слоя, в котором только началась пластическая деформация, а напряжения достигли предела текучести, определяли параметр упругости E'_i основного слоя. С учетом вышеуказанного допущения, равновесие слоев биметаллической планки будет соблюдаться при условии:

$$\sigma'_{02} \cdot F_1 = \sigma''_i \cdot F_2,$$

где σ'_{02} - предел текучести стали основного слоя;

F_1 – площадь сечения слоя основного материала;

σ''_i - напряжения в плакирующем слое;

F_2 – площадь сечения плакирующего слоя.

Так как ширина плакирующего слоя равна ширине основного слоя, то выше приведенное равенство будет иметь вид:

$$\sigma'_{02} \cdot h_1 = \sigma''_i \cdot h_2,$$

где h_1 и h_2 – толщины основного и плакирующего слоев, соответственно.

Если слои биметалла испытывают упруго-пластическую деформацию, металл основного слоя находится в пластическом состоянии, а плакирующий металл – в упругом, то упругие свойства биметалла будут полностью исчерпаны тогда, когда напряжения в плакирующем металле под действием внешней нагрузки достигнут предела пропорциональности (σ''_{np}). Для плакирующей стали $\sigma''_{np} = (0,6...0,85) \cdot \sigma''_{02}$.

Относительная деформация биметаллической планки будет равна той относительной деформации (ε_2), которая соответствует пределу пропорциональности плакирующего слоя, т.е. $\varepsilon_2 = \sigma''_i / E''$.

Условие соблюдения сплошности слоев запишем в виде: $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$, тогда $E'_i = \sigma'_{02} / \varepsilon_1$.

Относительная деформация всей полосы без учета температурных расширений равна относительной деформации, соответствующей пределу пропорциональности основного слоя. С учетом того, что $h_1 + h_2 = h$:

$$\varepsilon'_i = \frac{P'_{cp} \cdot h}{E'h_1 + E''h_2},$$

где $P'_{cp} = \frac{\sigma'_{np} (E'h_1 + E''h_2)}{E'h}$;

σ'_{np} - предел пропорциональности материала основного слоя.

Если металл основного слоя от действующих внешних сил нагружается ниже предела пропорциональности σ'_{np} , а металл плакирующего слоя находится в упругом состоянии, то параметр упругости биметалла будет соответствовать параметру упругости основного металла.

В работе на основе общего решения по напряжениям и перемещениям неоднородных тел под нагрузкой в области упругих и упруго-пластических деформаций определены переменные параметры упругости биметалла и его составляющих в зависимости от соотношения толщины слоев компонентов, причем отношение параметров упругости плакирующего слоя к основному меняется в пределах 1...3.

В диапазоне толщины $(0,5...0,8)h$ основного слоя биметалла относительная толщина компонентов посредством переменного параметра упругости является определяющей для величины напряжений на поверхности примыкания станин.

Для снижения напряжений на поверхности примыкания станин толщина слоев облицовочных биметаллических планок, состоящих из стали 65Г и Ст3, должна быть в пределах $(0,25...0,3)h$ и $(0,7...0,75)h$ соответственно, где h толщина планки.