

МКЭ-АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ БЕТОННОГО УСИЛЕНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ ЖЕСТКОСТЬ ПОРТАЛЬНОГО СТАНКА

С.С. Довнар, И.А. Карабанюк

Белорусский национальный технический университет, Минск

С помощью МКЭ проведены виртуальные испытания станочного портала. Обоснована эффективность заливки портала бетоном. Это дает возможность производительной и точной работы в условиях вибрационного резания. Достигаются общий подъем статической и динамической жесткости, сдвиг вверх резонансных частот и лучшее демпфирование резонансных пиков.

Работа основана на конечно-элементных испытаниях проектируемого тяжелого станка, предназначенного для фрезерования крупных слябов из труднообрабатываемых материалов (рис. 1). Станок имеет портал (корпуса 4, 5, 6), зафиксированный на фундаменте.

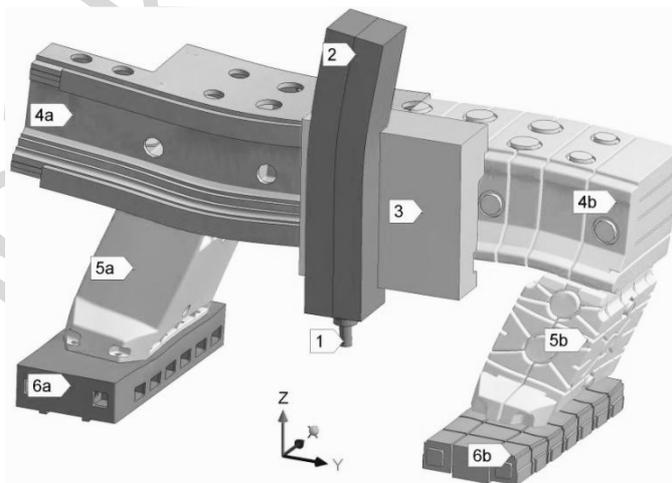


Рис. 1. Портал станка при возбуждении поперечной резонансной моды M2: 1 – шпиндель, 2 – ползун, 3 – суппорт, 4 – траверса, 5 – колонна, 6 – сани (а – пустотелые чугунные корпуса; б – бетонные вкладки для корпусов)

Станок предназначен для тяжелого прерывистого резания с большими амплитудами всех компонент силы резания. Рабочие частоты на шпинделе ожидаются в диапазоне 15–65 Гц. Необходимо обеспечить динамическую устойчивость станка. Первостепенной угрозой являются раскачки портала на его резонансах. Это ведет к автоколебаниям в ходе резания.

Решением может быть заполнением бетонной смесью полостей портала изнутри. Известно, что прием эффективен для низкорасположенных корпусов и станин. Однако портал является высокорасположенным объектом. Поэтому было необходимо виртуально испытать портал станка и сравнить пустотелый и заполненный варианты.

Портал смоделирован как система солюдов. Солиды 4а, 5а, 6а являются пустотелыми. Солиды 4б, 5б, 6б – это соответствующие внутренние бетонные вкладыши. МКЭ-расчеты выполнены для трех конструктивных вариантов – пустотелого портала *FE* (масса 24200 кг), частично заполненного портала с пустой траверсой *ET* (29900 кг), заполненного бетоном портала *FC* (42690 кг). Оценена статическая жесткость портала (табл.). Бетон здесь дает трехкратный эффект. Предпочтительным выглядит вариант *FC* – бетон заполняет весь портал и создает вместе с фундаментом дополнительный контур жесткости.

Таблица
. Статическая жесткость (Н/мм) на шпинделе портала

Жесткость по направлениям	Конструктивный вариант		
	<i>FE</i>	<i>ET</i>	<i>FC</i>
Продольно J_{xx}^{ET}	599	777	1968
Поперечно J_{yy}^{ET}	591	1219	1748
Вертикально J_{zz}^{ET}	448	592	1298
Средняя жесткость J_{cp}^{ET}	546	863	1671

Повышение статической жесткости портала важно в случае силового резания в дорезонансном диапазоне частот станка.

Модальный МКЭ-анализ был проведен в диапазоне 0 – 150 Гц. Выявлена типичная для порталных станков система резонансных мод (рис. 2). Самая медленная мода М1 заключается в продольных раскачиваниях портала, мода М2 – в попытках поперечного складывания. Пара близких мод М3/М4 связана с закручиванием и перекосом траверсы, самая высокочастотная мода М5 – с крутильно-изгибной деформацией траверсы.

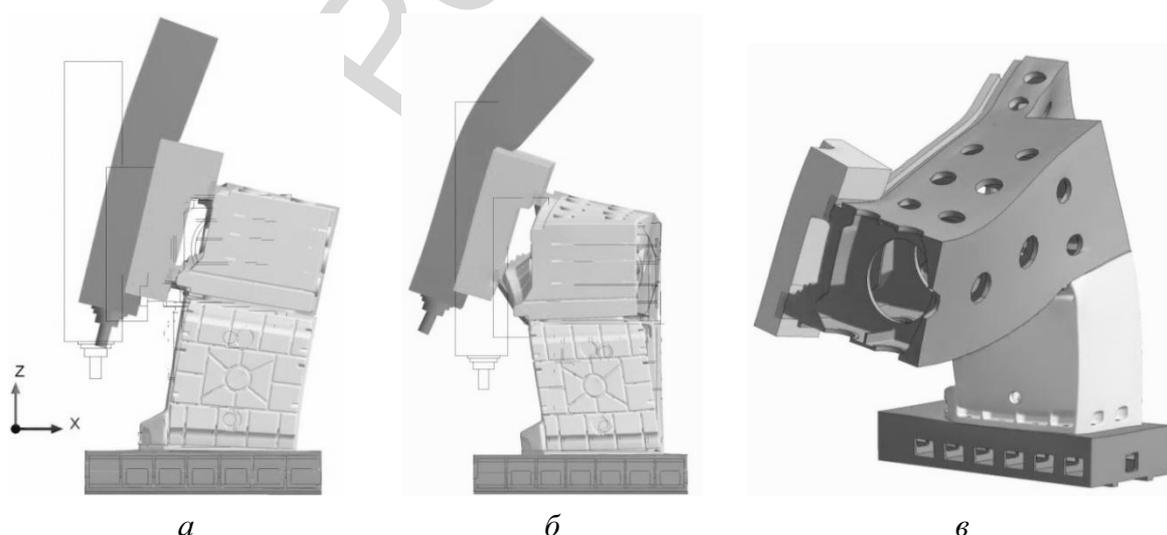


Рис. 2. Формы резонансных мод: М1 «Клевки портала» (а), М3/М4 «Клевки ползуна» (б), М5 «Кручение траверсы» (в)

Рис. 3 показывает, что наполнением бетоном поднимает частоты всех резонансных мод. Повышение частот по сравнению с пустотелым вариантом происходит в 1,3 – 1,4 раза. Однако этого недостаточно, чтобы вывести резонансы выше частот сил резания. В ходе гармонического МКЭ-анализа были получены линии динамической жесткости шпинделя (рис. 4). Они обратно пропорциональны АЧХ.

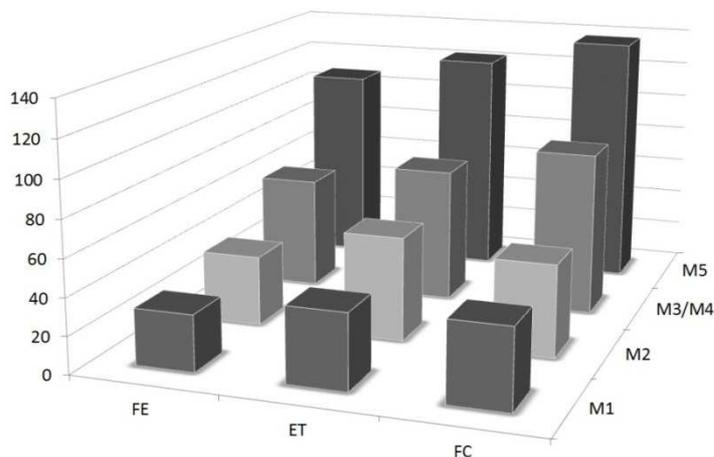


Рис. 3. Влияние конструктивных вариантов портала на модальные частоты (частота в Гц – по вертикали)

Диапазон от 0 до 30 Гц является статическим. Выше наблюдаются провалы динамической жесткости g_{M1} , g_{M3} , g_{M5} . Они соответствуют резонансным раскачкам. Пики жесткости p_{M1} , p_{M3} отражают явления антирезонансов (возможны после перехода частоты возбуждения за резонанс). Линии 1, 2, 3, 4 демонстрируют последовательное улучшение ситуации с динамикой портала (линии поднимаются и выглаживаются).

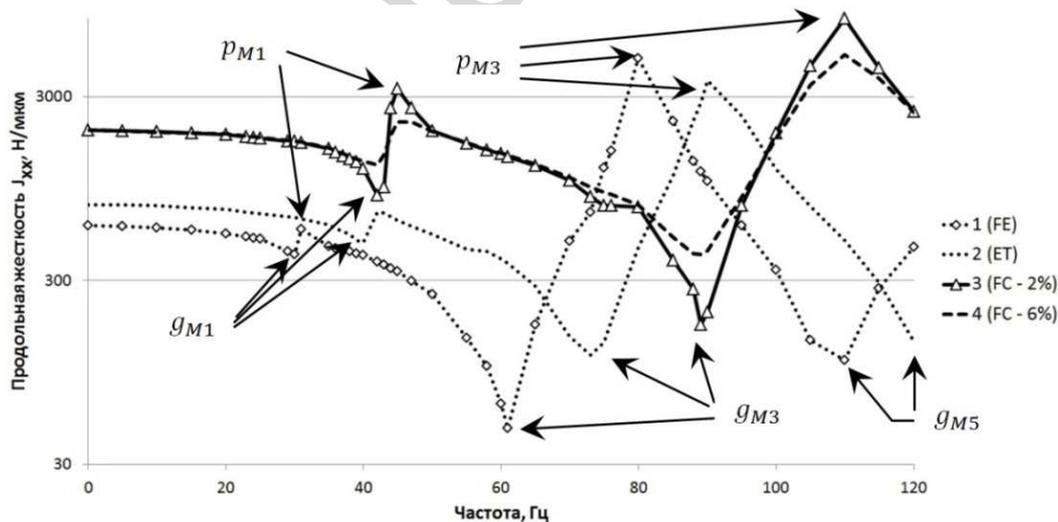


Рис. 4. Влияние частоты силы резания на динамическую жесткость шпинделя в продольном направлении (для линий 1, 2, 3 демпфирование равно 2%, для линии 4 – 6%)

Заполнение полостей бетоном повышает как статическую, так и динамическую жесткость станка, а резонансы сдвигаются к области более высоких частот. Применение бетона представляется однозначно положи-

тельным приемом. Заполнение высокорасположенных корпусов (траверса) вполне допустимо. Даже в случае слабой демпфирующей способности бетона его присутствие уменьшает глубину провалов динамической жесткости шпинделя на резонансах (примерно в 2,5 – 3,5 раза). Хорошо демпфирующий бетон сглаживает АЧХ портала и делает возможной динамически спокойную работу станка в диапазоне от 0 до 70 Гц. Этого достаточно для эффективного фрезерования слябов из труднообрабатываемых материалов.

УДК 621.793.3

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ СПЕЧЕННЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ С ДИФФУЗИОННЫМИ КАРБИДНЫМИ СЛОЯМИ

А.М. Долгих, Е.И. Гайкевич

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Исследованы механические характеристики спеченных твердосплавных режущих пластин, подвергнутых химико-термической обработке (термодиффузионному насыщению). Показано снижение предела прочности при поперечном изгибе (от 18 до 30 %), ухудшение шероховатости поверхности пластин на 1-2 класса (исключение представляет процесс хромирования, после которого шероховатость остается на прежнем уровне), при одновременном повышении микротвердости и жаростойкости поверхностных слоев.

Введение. В процессе химико-термической обработки спеченных твердых сплавов происходит изменение химического и фазового состава, а также структуры поверхностного слоя, что приводит к возникновению внутренних напряжений. Это оказывает влияние на качественные характеристики поверхности, механические и режущие свойства твердосплавных пластин.

Основная часть. Насыщение поверхности твердых сплавов двумя элементами одновременно (многокомпонентное насыщение) позволяет, в значительно большей мере, изменять свойства поверхностного слоя, по сравнению с однокомпонентным насыщением и получать слои с более высокими эксплуатационными свойствами.

В качестве процессов химико-термической обработки выбраны титанирование, хромотитанирование, хромирование и хромирование. Перед проведением диффузионного насыщения пластинки твердого сплава обезжировали и укладывали в контейнер с насыщающей смесью. Для герметизации контейнера применяли плавкий затвор.

На эксплуатационные свойства сплавов с нанесенными карбидными слоями влияют: толщина диффузионного слоя, прочность сцепления слоя с