

Никитина Л.Г.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: nikitina-nlg@yandex.ru*

Интенсификация охлаждения мотор-шпинделя

Современным приводом главного движения многоцелевых станков является мотор-шпиндель (МШ), представляющий собой шпиндельную бабку со встроенным регулируемым электродвигателем, ротор которого установлен на шпинделе [1].

Наличие в корпусе шпиндельной бабки дополнительных источников тепловыделения (ротора и статора) увеличивает теплонапряженность шпиндельного узла и обуславливает существенные температурные деформации корпуса, непосредственно влияющие на положение оси шпинделя.

На стадии проектирования привода актуальным является математическое моделирование теплового состояния конструкции с целью разработки мероприятий по интенсификации охлаждения во внутреннем и наружном контуре.

Исследования теплового состояния МШ проведено расчетным путем с использованием численного метода решения дифференциальных уравнений теплопроводности и термоупругости в частных производных

Интенсификация охлаждения во внутреннем контуре проводится за счет выполнения аксиальных вентиляционных каналов в сердечнике ротора. Каналы, выполненные в сердечнике ротора, уменьшают аэродинамические сопротивления во внутренней вентиляционной цепи, тем самым увеличивают расход воздуха, продуваемого через внутренние полости шпиндельного узла, при той же производительности вентиляторов. Увеличенная конвективная теплоотдача от сердечника ротора уменьшает теплоотвод от ротора в шпиндельные опоры узла, снижая температуру нагрева последних, снижает осевые смещения шпинделя на 40-50% по сравнению с базовой конструкцией.

Интенсификация охлаждения во внешнем контуре, направленная на увеличение теплоотвода от статора и корпуса МШ, проводится за счет оребрения корпуса. При условии, что оребрение выполнено по всей образующей корпуса и на всей длине корпуса статора нагрев шпиндельных опор уменьшается на 8-10%, угловое смещение шпинделя уменьшается на 40-60%. Угловое смещение шпинделя обусловлено различием в температуре нагрева передней и задней опор, так как опоры скомплектованы из шариковых радиально-упорных подшипников соответственно по схеме «триплекс» и «дуплекс».

Другим мероприятием по увеличению теплоотвода от корпуса статора является изготовление водяной рубашки, выполненной в виде винтового канала в корпусе статора. Увеличение теплоотвода от корпуса статора уменьшает теплоотвод от корпуса в шпиндельные опоры узла и снижает температуру опор на 10-12 % по сравнению с базовой конструкцией. Угловое смещение шпинделя снижается на 40-60% по сравнению с базовой конструкцией.

С целью увеличения теплоотвода от статора и шпиндельных опор в качестве материала корпусной детали рационально использовать сплав на основе алюминия, широко используемый для корпусов электродвигателей. Данный материал имеет в 2.6 раза выше коэффициент теплопроводности и 1.9 раза выше коэффициент линейного расширения, по сравнению с чугуном. Корпус, изготовленный из дюралюминия, уменьшает температуру передней опоры на 8%, температура обмотки статора уменьшается на 12% по сравнению с корпусом из чугуна. Определение температурных деформаций МШ показало следующее. Изготовление корпуса из дюралюминия, несмотря на снижение температуры опор, вызывает увеличение линейного смещения шпинделя в вертикальной плоскости в 1.7 раза, углового поворота шпинделя в 2.5 раза. Для МШ корпус из дюралюминия неприемлем по критерию температурных деформаций.

Нетрадиционным материалом для корпусных деталей является полимербетон. Данный материал обладает низкой теплопроводностью до $0.008 \text{ Вт/см}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (у чугуна $0.63 \text{ Вт/см}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), коэффициент линейного расширения λ равен $1.9 \cdot 10^5 \text{ 1/град.}$ (у чугуна λ равен $1.1 \cdot 10^5 \text{ 1/град.}$).

Низкая теплопроводность материала обеспечивает увеличение температуры подшипников, но вместе с этим уменьшается средняя температура подшипниковых бобышек и стенок корпуса статора, температурные деформации которых формируют смещения шпинделя. Линейные смещение шпинделя в вертикальной плоскости уменьшается в 2 раза, угловое смещение шпинделя увеличивается в 2 раза. Математическое моделирование формирования температурного поля и температурных деформаций показало следующее: использование дюралюминия и полимербетона для МШ не дает преимуществ перед изготовлением корпуса из чугуна.

Основным мероприятием по снижению температурных деформаций МШ является изготовление корпуса с водяной рубашкой, позволяющей снизить не только температуру нагрева ответственных узлов, но и уменьшить температурные деформации шпинделя, влияющие на точность обработки на станке.

Литература

1. Никитина Л.Г., Сегида А.Г. Снижение температурных деформаций мотор-шпинделей. СТИН, 1993, №7.