

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ТРЕФОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Трефовые или бесшпоночные соединения сохранились до настоящего времени на некоторых прокатных станах, например, в трубном производстве на прошивных и пилигримовых станах. Типичными представителями подобных станов являются пилигримовые установки 6-12" ММК им. Ильича.

Эти станы имеют групповой маховичный привод. В главной линии каждого стана имеется брехшпиндель (предохранительное звено) [1, 2].

Брехшпиндель обоими концами соединен со специальными муфтами (моторной и коренной) при помощи трэфовых соединений. Поперечное сечение трефа брехшпинделя представляет собой круг с четырьмя круглыми выкружками (рис. 1, а). Трефовые муфты снаружи имеют цилиндрическую поверхность, а внутри вырез, повторяющий форму трефа. Между трэфом вала и муфтой имеется достаточно большой зазор, составляющий на диаметр величину $5 \leq \delta \leq 20$ мм. Этот зазор необходим для облегчения монтажа и демонтажа, а также для возможности реализовать перекосы в соединяемых элементах без появления опасных усилий.

Кроме описанного трэфового соединения, на данном стане имеется еще один узел, в котором используются аналогичные трэфовые соединения. Это соединение шпинделей с рабочими валками, находящимися в прокатной клети, при помощи литых трэфовых муфт. Форма трэфового соединения аналогична описанной для узла брехшпинделя.

Трефовые соединения имеют ограниченную долговечность, которая снижает общую долговечность деталей и узлов прокатных станов.

Наиболее характерный вариант разрушения деталей трэфовых соединений – это появление пластических деформаций в местах наибольших касательных напряжений. Такой вид разрушения у производственников обозначен как «разбивание». При этом пластические деформации достигают больших величин (отступление от первоначальной формы достигает 10...20 мм).

Характерной особенностью работы трэфовых соединений является отсутствие приработки из-за больших первоначальных зазоров, поэтому «разбивание» деталей трэфовых соединений неизбежно. Увеличение размеров не дает положительного эффекта, т.к. контакт деталей осуществляется по очень ограниченному участку.

Не дает положительных результатов и повышение прочности материала, потому что это неизбежно повысит и уровень вредных (паразитных) нагрузок. Кроме того, разрушение более прочных (а, следовательно, и более хрупких) материалов происходит как хрупкое разрушение с образованием трещин и невозможностью восстановления.

В настоящее время «разбитые» детали трэфовых соединений восстанавливаются. Особенно важным это является для дорогостоящих деталей – соединительных шпинделей и рабочих валков. Эти детали восстанавливают наплавкой. Более дешевые трэфовые муфты не восстанавливают, после «разбивания» они попадают в металлолом.

Что касается узла брехшпинделя, то трэфы брехшпинделей разбиваются более интенсивно, чем коренные и моторные муфты. Это объясняется различной прочностью материалов брехшпинделей и соответствующих муфт. Все эти детали изготовлены из стального литья – брехшпиндели из стали 35Л, муфты из стали 45Л.

При большом расходе брехшпинделей (когда стойкость брехшпинделя составляла 7...10 дней) проблемы разбивания трэфов брехшпинделей не

существовало, т.к. за 7...10 дней уровень разбивания был относительно небольшим, а разрушенные части брехшпинделя шли на переплавку.

Проблема возникла тогда, когда была реализована идея многократного использования обломков брехшпинделей для изготовления составного предохранителя, многократно использующего существующие трефы и приваренную к ним разрушаемую кованую втулку из стали 20.

Такой брехшпиндель разрушается по специальной приваренной втулке, а его части с трефовыми головками могут использоваться многократно. В настоящее время этому препятствует нарастающий процесс разбивания трефов при многократном использовании частей брехшпинделя. Практически можно (без восстановления трефов) использовать части брехшпинделя не более двух раз. Это, конечно, снижает эффективность применяемой в настоящее время схемы защиты. Нужно или восстанавливать разбитые трефы брехшпинделя, или разработать и внедрить профилактику разбивания контактирующих поверхностей. Последний вариант, конечно, более предпочтителен, т.к. профилактика будет нацелена как на трефы брехшпинделя, так и на соответствующие муфты, которые восстановить гораздо труднее. Кроме того, найденное конструктивное решение на основе профилактики разбивания контактирующих поверхностей может успешно эксплуатироваться в аналогичных узлах как данного, так и других прокатных станов. Для пильгерстана 6-12" это узел соединения шпинделя с прокатными валками.

Идея конструктивного решения заключается в улучшении распределения контактных напряжений на соприкасающихся поверхностях трефа и трефовой муфты. Идеальное распределение контактных напряжений будет при идеальном прилегании контактирующих поверхностей на всех стадиях нагружения. Для деталей, изготовленных из жестких материалов и имеющих обязательный начальный зазор, такое распределение практически невозможно.

Реальной возможностью улучшить упомянутое распределение может быть только применение упругих прокладок – адаптеров. Подобные решения встречаются в металлургическом машиностроении. Так, например, для предотвращения разбивания подушек рабочих валков на листовых прокатных станах были опробованы защитные планки, изготовленные из энергоемких полиуретановых эластомеров [3]. Результаты опробования были положительными – разбивание подушек практически прекратилось.

Попытки применить полиуретановые прокладки на трефовых соединениях показали, что форма деталей трефовых соединений далека от идеальной. При такой форме давление полиуретана на трефовую муфту может привести к ее разрыву. С этой точки зрения более предпочтительной формой трефа следует считать крестообразную форму с плоскими участками контакта (рис. 1, б). На таких участках проще и надежнее можно закрепить съемные расходные планки. Эти планки предназначены для предохранения от разбивания поверхностей трефов и муфт. Планки могут изготавливаться либо из стали (более мягкой, чем у тела брехшпинделя), либо из полимерных материалов, например, из полиамида. Наиболее энергоемкими материалами для планок являются на данный момент полиуретановые эластомеры. На рис. 2 показана установка на брехшпинделе съемных планок.

Исходя из средних удельных давлений на лопасти трефа ($p_{cp} \approx 70$ МПа), следует применить полиуретан с конструктивным модулем упругости при сжатии порядка 300...500 МПа. Эта задача решаема, если планки будут утоплены по всей поверхности в специальные углубления трефа и закреплены в этих углублениях.

Следует отметить, что решение одной технической задачи может инициировать появление других задач. В рассматриваемом случае появляется задача о прочности трефовых соединений на кручение. В работающих в настоящее время трефовых соединениях такая задача возникает редко, однако изменение формы трефа и трефовых муфт ослабляют эти детали. Основная причина ослабления заключается в том, что треф новой формы изготавливается из старого трефа, следовательно, при этом уменьшается его площадь поперечного сечения. В результате этого может

смениться характер разрушения – разбивание будет исключено, но появится пластическое скручивание.

Материал всех трфовых соединений – это пластичные стали типа сталь 25Л или сталь 35Л. Детали из таких материалов показывают большие деформации перед разрушением. Такие детали можно рассчитывать на прочность по предельному состоянию. При этом материал некруглого вала идеализируют по Прандтлю, а расчетной величиной является предельный крутящий момент, передаваемый валом.

Известна методика [4, 5], по которой для крестообразного трфа может быть получено точное теоретическое решение (в рамках указанной выше идеализации). Таким образом, задача повышения долговечности трфовых соединений решается изменением формы трфа на крестообразную и установкой на лопастях трфа защитных амортизирующих планок. При этом должна быть проверена и откорректирована прочность трфовых концов на кручение.

Что касается прочности трфовых муфт, то разбивание их контактных поверхностей должно прекратиться при установке полиуретановых прокладок.

Перечень ссылок

1. *Артюх В.С.* К вопросу реконструкции пилигримовых станов / *В.С. Артюх* // Сталь. – 1965. – № 8. – С.734-737.
2. *Артюх В.С.* Защита пилигримовых станов от перегруза / *В.С. Артюх* // Сталь. – 1969. – № 2. – С.33-36.
3. О профилактике повреждений подушек листовых прокатных станов / *В.Г.Артюх [и др.]* // Защита металлургических машин от поломок. - Мариуполь, 2006.- Вып. 9.- С.80-82.
4. *Артюх Г.В.* К расчету некруглых валов металлургических машин / *Г.В.Артюх, М.Г.Артюх* // Защита металлургических машин от поломок. - Мариуполь, 1999.- Вып. 4.- С.266-269.
5. *Артюх Г.В.* О приближенном решении задачи пластического кручения / *Г.В.Артюх, Е.Н.Киреева* // Защита металлургических машин от поломок. - Мариуполь, 2006.- Вып. 9.- С.213-217.

Рецензент: д.т.н., проф. А.А.Ищенко

Статья поступила 09.12.2009

РЕФЕРАТ

УДК 621.771.63

Артюх Г.В., Сорочан Е.Н., Карлушин С.Ю.,
Сергиенко Ю.В., Кондрашин С.Е.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ТРЕФОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Рассмотрены варианты повышения долговечности трэфовых соединений. Предложено изменить форму лопастей трэфов и установить на них съемные защитные планки из энергоемких материалов. Рекомендовано определять максимальный крутящий момент по предельному состоянию.