

Изобретение относится к области прокатного производства и может быть использовано для защиты от технологических перегрузок главных линий приводов прокатных клетей.

В настоящий момент в данной области не решена проблема надежной механической защиты от поломок дорогостоящего прокатного оборудования.

подавляющее большинство существующих конструкций предохранительных шпинделей одноразовые, и, следовательно, дорогие. Кроме того, точность их срабатывания невелика из-за большой вероятности усталостного разрушения при номинальных нагрузках вследствие наличия концентраторов напряжений. При наиболее вероятном виде разрушения при кручении (косом изломе) в главной линии прокатной клетки возникают осевые усилия, которые могут привести к поломкам в приводном двигателе.

Наиболее часто предохранительные шпиндели используются на маховичных (например пилигримовых) станах. Подавляющее большинство существующих пилигримовых станов имеют общий привод (двигатель и маховик) для двух клетей. В случае разрушения предохранительного шпинделя одной из главных линий необходимо останавливать двигатель и маховик, что влечет за собой простой всего стана. На остановку и разгон двигателя с маховиком, а также на замену разрушенного предохранительного шпинделя новым уходит более полутора часов. При поломке шпинделя привода вертикального вала черновой клетки непрерывного широкополосного стана горячей прокатки его замена длится около часа, из-за чего нарушается технология прокатки полосы в остальных клетях.

Известен предохранительный шпindel, содержащий тrefовые соединения и цилиндрический участок. Кроме того, в известном шпинделе предусмотрены конусные (профильные) участки, соединенные между собой меньшими диаметрами. Предохранительный шпindel имеет в месте соединения конусов радиусную кольцевую проточку в качестве основного концентратора напряжений, а также содержит дополнительные концентраторы напряжений в виде проточек, расположенных по обе стороны от основного концентратора напряжений [1].

Этот предохранительный шпindel из-за наличия концентраторов напряжений подвержен усталостному разрушению при номинальных нагрузках. Кроме того, этот предохранительный шпindel является одноразовым, то есть восстановление его работоспособности после срабатывания невозможно.

Известно также предохранительное устройство линии привода прокатного стана, выполненное в виде валов с тrefовыми головками. При этом в устройстве предусмотрено наличие разрушающегося участка цилиндрической формы со сквозным отверстием по продольной оси, в котором расположен стержень со средствами осевой фиксации относительно вала. Устройство снабжено установленными на стержне между средствами фиксации и валом упорными подшипниками с целью повышения надежности привода путем снижения передаваемых на трансмиссию при косом изломе осевых нагрузок [2].

Это устройство не исключает косых изломов и является одноразовым, то есть не подлежит восстановлению после срабатывания.

Известно также предохранительное устройство линии привода прокатного стана (принятое за прототип), содержащее полый вал с тrefовыми головками, внутри которого коаксиально ему установлен стержень с навинченными на резьбовых концах гайками, причем полый вал выполнен разъемным по длине и составлен из двух частей, стыкуемые торцы которых расположены между гайками, а каждая из гаек жестко связана с прилегающей к ней частью полого вала [3].

После срабатывания обе части полого вала, лишенные связей, могут выпасть из тrefовых муфт. Кроме того, при пластической деформации стержня перед его разрушением от растяжения неизбежен значительный поворот одной части полого вала относительно другой, что нежелательно по технологии прокатки. Восстановление работоспособности предохранительного устройства линии привода прокатного стана возможно лишь после замены разрушенного стержня, что дорого и чревато простоями стана.

В основу изобретения поставлена задача разработать неразрушающийся предохранительный шпindel привода прокатной клетки, в котором новые элементы и их взаимное расположение позволили бы автоматически восстанавливать работоспособность после срабатывания, что позволит повысить надежность его работы и упростить обслуживание, а также исключить простои стана, связанные с заменой разрушенных стержней.

Для решения поставленной задачи в неразрушающемся предохранительном шпинделе привода прокатной клетки, включающем разъемный вал, образованный тrefовыми головками, согласно изобретению, цилиндрический выступ одной из головок размещен в цилиндрической полости другой головки с зазором, снабженным втулкой из эластомера, контактирующей с фланцем, свободно посаженным на цилиндрический выступ и соединенным с полый тrefовой головкой.

Кроме того, фланец установлен с возможностью взаимодействия со втулкой из эластомера через уплотнительное кольцо.

Соединение фланца с полый тrefовой головкой осуществляется болтами, под гайки которых установлены пружины.

Соединение фланца с полый тrefовой головкой осуществляется шпильками, под гайки которых установлены пружины.

Выполнение предохранительного шпинделя привода прокатной клетки в виде двух отдельных шпиндельных головок, соединенных втулкой из эластомера (например, полиуретана), позволяет исключить расход предохранительных шпинделей при срабатывании из-за отсутствия физического разрушения и добиться автоматического восстановления работоспособности предохранительного шпинделя после срабатывания.

Известно, что в замкнутом объеме эластомеры ведут себя подобно жидкостям. Давление фланца на втулку из эластомера в осевом направлении приводит к равномерной передаче этого давления втулкой по всему замкнутому объему.

Между охватываемой деталью, втулкой и охватывающей деталью возникают силы трения, позволяющие шпинделю передавать полный крутящий момент. Если момент, приложенный к валкам стана, превышает

момент трения в предохранительном шпинделе, то происходит поворот охватываемой детали относительно втулки. После нормализации величины внешнего технологического момента поворот прекращается и предохранительный шпиндель автоматически восстанавливает свою работоспособность.

Крутящий момент, передаваемый предохранительным шпинделем, вычисляется по формуле:

$$M_k = \frac{P \cdot d \cdot l \cdot f}{2 \cdot \delta},$$

где P - осевое усилие поджатия фланца;

d - диаметр охватываемой детали;

l - длина втулки;

f - коэффициент трения скольжения полиуретана по стали;

δ - толщина втулки.

Коэффициент трения f может быть существенно повышен увеличением шероховатости охватываемой втулкой детали. При одинаковой механической обработке охватываемой и охватывающей деталей поворот всегда будет происходить по внутренней поверхности втулки, так как давление передается втулкой равномерно, а диаметр внутренней поверхности меньше диаметра наружной. Поэтому момент трения между охватываемой деталью и внутренней поверхностью втулки меньше, чем момент трения между охватывающей деталью и наружной поверхностью втулки. Увеличивая шероховатость охватываемой детали, можно добиться равенства моментов трения на внутренней и наружной поверхностях втулки.

Сущность изобретения поясняется чертежом, на котором представлен осевой разрез варианта выполнения не разрушающегося предохранительного шпинделя привода прокатной клетки.

Не разрушающийся предохранительный шпиндель привода прокатной клетки размещен в главной линии привода и включает левую 1, и правую 2 треновые головки, установленные в треновых, муфтах (на чертеже не показаны) и соединенные втулкой 3 из эластомера (например, полиуретана), расположенной в осевом цилиндрическом отверстии правой треновой головки 2 и охватывающей осевой цилиндрический выступ левой треновой головки 1. Фланец 4 через уплотнительное кольцо 5 поджимает втулку, создавая в ней напряженное состояние всестороннего сжатия. С правой треновой головкой 2 фланец 4 соединен болтами 6, под гайками 7 которых расположены пружины 8 (например, тарельчатые).

Возможен вариант выполнения не разрушающегося предохранительного шпинделя привода прокатной клетки без уплотнительного кольца 5 и без установки пружин 8 под гайками 7. Также возможна замена болтов шпильками, вкрученными одним концом в тело правой треновой головки 2.

Не разрушающийся предохранительный шпиндель привода прокатной клетки работает следующим образом.

При эксплуатации предохранительного шпинделя в рабочем диапазоне технологических нагрузок крутящий момент M_k передается с левой треновой головки 1 через втулку 3 из эластомера на правую треновую головку 2 (или наоборот) за счет трения, возникающего при поджатии втулки 3 фланцем 4 через уплотнительное кольцо 5. Фланец 4 притянут к правой треновой головке 2 болтами 6 или шпильками. Под гайками 7 установлены пакеты тарельчатых пружин 8, по осадке которых определяется усилие затяжки. Кроме того, пружины 8 препятствуют самооткручиванию гаек 7 в процессе эксплуатации предохранительного шпинделя.

При превышении передаваемых крутящим моментом определенного заранее значения выключающего момента начинается вращение левой треновой головки 1 относительно втулки 3 из эластомера и правой треновой головки 2. После исчезновения перегрузки вращение прекращается и предохранительный шпиндель автоматически восстанавливает свою работоспособность, передавая полную величину технологического крутящего момента точно так же, как и до срабатывания.

Сборка предохранительного шпинделя производится в механических мастерских в вертикальном положении. В цилиндрическое отверстие правой треновой головки 2 последовательно вкладываются втулка 3 из эластомера, уплотнительное кольцо 5, фланец 4. Затем сверху до упора опускается левая треновая головка 1. Вращением фланца 4 совмещаются отверстия под болты в нем и в правой треновой головке 2. В отверстия вставляются болты 6, на них надеваются пакеты тарельчатых пружин 8 и накручиваются гайки 7. Усилиям затяжки гаек 7, измеряемым по осадке пружин 8, регулируется давление втулки 3 на треновые головки 1 и 2, создаваемые фланцем 4, а, следовательно, и передаваемый предохранительным шпинделем крутящий момент.

Предложенный предохранительный шпиндель испытан в лаборатории. Опытный образец был изготовлен для привода вертикальных валков черновой клетки непрерывного широкополосного стана горячей прокатки. Втулка была выполнена из марки СКУ ПФЛ-100 ($E = 58$ МПа, $\mu = 0,493$) наружным диаметром $D = 220$ мм, внутренним диаметром $d = 200$ мм и длиной $l = 300$ мм. Правая и левая треновые головки были изготовлены из стали 45. Коэффициент сухого трения полиуретана по стали принят равным $f = 0,12$. Для обеспечения передачи необходимого крутящего момента $M_k = 143$ кНм усилие P поджатия втулки фланцем принято равным 400 кН (давление в рабочей полости при этом составило 63 МПа). Оно обеспечивается восемью шпильками М48 х 3. Под гайками на каждой шпильке установлены последовательно по 4 тарельчатых пружины НД 100 х 50 х 6,0 х 25. Для усилия P осадка составила 0,8 от полной.

Использование не разрушающегося предохранительного шпинделя привода прокатной клетки, описанного в примере конкретного выполнения, в сравнении с прототипом позволяет полностью избежать аварийных простоев стана, связанных с восстановлением работоспособности предохранительного шпинделя.

