

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ САНИТАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ БЕССОЖЕВОЙ ОБРАБОТКЕ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Угринов П.¹, Вакарелска Т.¹, Кинчев П.¹

¹Колледж энергетики и электроники при Техническом университете, София, Болгария (1000, г. София, бульвар Св. Климент Охридски, 8, корпус 2, e-mail: ugrinov.pl@tu-sofia.bg

Проведен анализ опасных для здоровья обслуживающего персонала источников при применении на металлорежущих станках основных видов высокоскоростной бессожевой обработки. Показано, что при высокоскоростной ротации опасности связаны с ростом центробежных сил, колебаний и дисбаланса. При сухой обработке наиболее опасны твердые частицы, пыль, озон, тяжелые воздушные ионы; при квазисухой - масляный туман, при квазижидкой - пары этанола, при криогенной - высокие концентрации азота и диоксида углерода. Эти источники могут вызвать отравление организма человека, спровоцировать хронические заболевания прежде всего органов дыхания, привести к травматизму. Приведены применяемые на металлорежущих станках технические средства обеспечения санитарной безопасности: надежные системы крепления инструмента и сменных пластин, балансировка инструмента, аспирационные системы для удаления аэрозолей, пыли и вредных газов, устройства для очистки станка и др. В результате анализа выявлены недостаточно проработанные вопросы технических средств, обеспечивающих санитарную безопасность.

Ключевые слова: высокоскоростная бессожевая обработка, сухая обработка, квазисухая обработка, криогенная обработка.

TECHNICAL SOLUTIONS FOR HEALTH SAFETY IN HIGH-SPEED NON-LIQUID MACHINING ON MACHINE TOOLS

Ugrinov P.¹, Vakarelska T.¹, Kinchev P.¹

¹College of Power Energy and Electronics at Technical University, Sofia, Bulgaria (1000 Sofia, 8 Sv.Kliment Ohridski Bld, building 2), e-mail: ugrinov.pl@tu-sofia.bg

An analysis has been conducted on the hazardous for the maintenance personnel materials during the application of non-liquid machining on metal-cutting machines. It was shown that during high-speed machining the most hazardous elements are inertia forces at high-speed rotation, unbalance, vibrations. During dry machining the most hazardous elements in the processing area are solid particles, dust, ozone, heavy air ions; during minimal quantity lubrication machining – oil mist; during semi-liquid machining – ethanol fumes; during cryogenic machining – high levels of nitrogen and carbon dioxide. These sources can cause body poisoning to the extent of lethal outcome, cause chronic illnesses – to the respiratory organs above all, lead to traumatism. Technical means of ensuring sanitary safety have been given : high quality tool holders, reliable insert fixtures, different kinds of aspiration systems for aerosol, dust, and hazardous gas removal, machine-cleaning devices, etc.

Keywords: high-speed non-liquid machining, dry machining, minimal quantity lubrication, semi-liquid machining, cryogenic machining

Актуален вопрос о безопасности все более широко применяемой в промышленности высокоскоростной бессожевой обработки на металлорежущих станках. Основные представители бессожевой обработки - сухая, квазисухая, квазижидкая и криогенная - имеют ряд достоинств, но в то же время порождают дополнительные проблемы, касающиеся санитарной безопасности производства.

Цель исследования

Произвести детальное исследование источников опасности при высокоскоростной бессожевой обработке на металлорежущих станках и показать технические средства, при помощи которых обеспечивается безопасность обслуживающего персонала.

Методы исследования

На основе многолетнего опыта авторов в области безопасности металлорежущих станков и в свете характерных особенностей новых технологий источники опасности могут быть разделены на две основные группы:

- источники, связанные с высокоскоростной ротацией режущего инструмента;
- источники, связанные с продуктами, выделяющимися в ходе резания.

Методика исследования: анализ источников информации - статей, фирменных брошюр, фирменных сайтов.

Источники опасности, связанные с высокоскоростной ротацией режущего инструмента

Влияние центробежных сил. Многократное увеличение частот вращения - примерно в 5-10 раз в сравнении с конвенциональным резанием - приводит к росту центробежных сил. Чем сложнее конструкция ротирующей системы и больше ее инерционные характеристики, тем выше вероятность ее разрушения. Вырвавшиеся при высокоскоростной ротации обломки разрушившегося элемента, обладая большой кинетической энергией и произвольной траекторией движения, в состоянии вызвать тяжелые ранения людей и повреждения элементов станка. Сменные пластины режущего инструмента - основной источник опасности [3; 21] - в состоянии отделиться от оправки вследствие ненадежного (по причинам конструктивным и плохой сборки) и недостаточно прочного (при превышении допустимой частоты вращения) крепления. Осколки материала пластин могут образоваться при их хрупком разрушении (при наличии фабричного дефекта, превышении сил затяжки).

Влияние колебаний. Монолитные режущие инструменты, ввиду отсутствия у них сменных пластин, уменьшают степень риска. Несмотря на это, при большом вылете режущий инструмент может разрушиться под действием резонансных колебаний. Чем больше вылет [3; 21], тем ниже собственная частота, тем больше вероятность возникновения механического резонанса. При этом инструмент может разрушиться еще до начала резания. Колебания могут возникнуть также при конструктивной несимметричности режущего инструмента - например, при наличии единственного канала для отвода стружек у концевых фрез, площадок типа Weldon на цилиндрической поверхности хвостовика и т.д.

Влияние дисбаланса. Хвостовик должен обеспечить прочное, жесткое, точное и надежное крепление с одной стороны режущего инструмента, а с другой - собранных режущего инструмента и хвостовика в шпинделе. Патронник хвостовика может быть причиной для радиального биения установленного в нем режущего инструмента, причем по мере

изнашивания сопрягающихся поверхностей качество базирования и крепления уменьшается, что приводит к росту центробежных сил. Попавшая в механический резонанс ротирующая система создает изгибающие моменты, оказывающие неблагоприятное воздействие на функциональную надежность системы зажима инструмента в шпинделе. Радиальное биение имеет место при несоосности цилиндрического отверстия патронника и базовой конической поверхности. Недостаточно высокая собственная жесткость самого хвостовика, а также низкая контактная жесткость стыка «хвостовик-шпиндель» приводят к изгибу, потере симметричности и дисбалансу. Возрастающие центробежные силы вызывают ослабление зажима хвостовика; в наиболее неблагоприятном варианте хвостовик аварийно выпадет из шпинделя. Шпиндельный узел - составная часть ротирующей системы, носитель ее основной инерционной нагрузки. К нему предъявляются наиболее жесткие требования по точности, жесткости, надежности, дисбалансу и т.д. Вне зависимости от этого, в ходе его работы может иметь место дисбаланс, связанный с изменяющимся в радиальном направлении положением тарельчатых пружин после очередного цикла «зажим-разжим» хвостовика инструмента.

Источники опасности, связанные с продуктами, выделяющимися в ходе резания

При *сухой обработке* подаваемый по давлением воздух приводит к росту в окружающей атмосфере твердых частиц, пыли, газов. Преобладает пылеобразование, которое особо интенсивно при обработке графита. Графитная пыль легко попадает в органы дыхания человека, оседает на поверхностях рабочей зоны, проникает и засоряет направляющие и шпиндельный узел [5]. Озонирование и ионизирование воздуха, как рабочего флюида, создает новые источники опасности. Продолжительное вдыхание озона может вызвать необратимые последствия для дыхательной системы. Более высокие концентрации опасны даже при кратковременном вдыхании [2]. Ионы воздуха имеют способность соединяться с частицами пыли в рабочей зоне, образуя тяжелые ионы, которые задерживаются в дыхательных путях человека в гораздо большем количестве, чем нейтральная пыль. Таким образом зарождаются и развиваются заболевания органов дыхания [5].

При *квасисухой обработке* в воздухе возрастает (в зависимости от длительности и интенсивности работы станка) присутствие масла, которое может попасть в дыхательные пути и вызвать ряд заболеваний и дискомфорт оператора станка. Возникает опасность возгорания масла.

При *квасижидкой обработке* на поверхностях детали и рабочей зоны станка не остаются следы этанола, но концентрация паров может превысить безопасные для здоровья значения; возникает опасность возгорания паров этанола.

При *криогенной обработке* опасны для здоровья высокие концентрации газообразных азота и диоксида углерода. Повышенная концентрация азота может спровоцировать

асфикицию с последующей тахикардией, учащенным дыханием, пониженной координацией и т.д. [2]. Избыток диоксида углерода в воздухе ухудшает внимание, вызывает головную боль, одышку, физическую и умственную усталость. Как следствие, развиваются заболевания органов дыхания и сердечно-сосудистой системы [2].

Технические средства обеспечения безопасности обслуживающего персонала при высокоскоростой ротации режущего инструмента

Балансировка шпинделя проводится в обязательном порядке на территории производителя. Рекомендуемое качество балансировки от G0,4 до G1. Во избежание аварийных ситуаций шпиндельный узел оснащается системой датчиков.

Вне зависимости от корректно проведенных действий по подготовке режущего инструмента вероятность возникновения аварийных повреждений инструментальной оснастки всегда существует; продукты отхода процесса резания не должны покидать зону станка. В этой связи наличие защиты рабочей зоны обязательно. Защита не просто ограждение, а сооружение «кабинетного типа», в котором размещается станок. Таким образом создаются условия для наибольшей защиты людей от происходящих в рабочей зоне опасных процессов. Зона наблюдения состоит из прочных и упругих многослойных органических стекол с соответствующим покрытием против механического изнашивания и воздействия ультрафиолетового излучения.

Предпочтение отдается режущему инструменту с конструктивно заложенной симметрией, с упрощенной и надежной схемой крепления сменных пластин. Недопустима работа инструмента с непрочными пластинами, а также с перетянутыми (что может привести к хрупкости и разрушению). Нельзя допускать работу инструмента, на поверхности пластин или оправки которого трещины, независимо от их размера.

В области инструментальных хвостовиков утверждается стандарт HSK, главная особенность которого - короткий полый конус, благодаря чему уменьшается масса и момент инерции хвостовика. Базирование осуществляется одновременно по конусу и торцу, что повышает точность и жесткость стыка с шпинделем. Сила затяжки хвостовика возрастает по мере роста частоты вращения шпинделя. Чаще всего используются три типа патронов: с цанговым, гидропластовым и термомодеформационным зажимом (Shrink Fit).

Несмотря на фабричную балансировку, цеховая балансировка режущего инструмента в сборе с хвостовиком, проводимая в двух плоскостях с качеством G2,5, обязательна. Балансировку следует повторять перед каждой загрузкой инструмента в магазин/шпиндель. Установленный в шпинделе инструмент подвергается предварительному вращению на той же частоте, на которой он будет работать. Следует избегать работы инструмента на частотах,

совпадающих с его собственной. Строго соблюдать ограничение на наибольшую частоту вращения, рекомендуемую производителем.

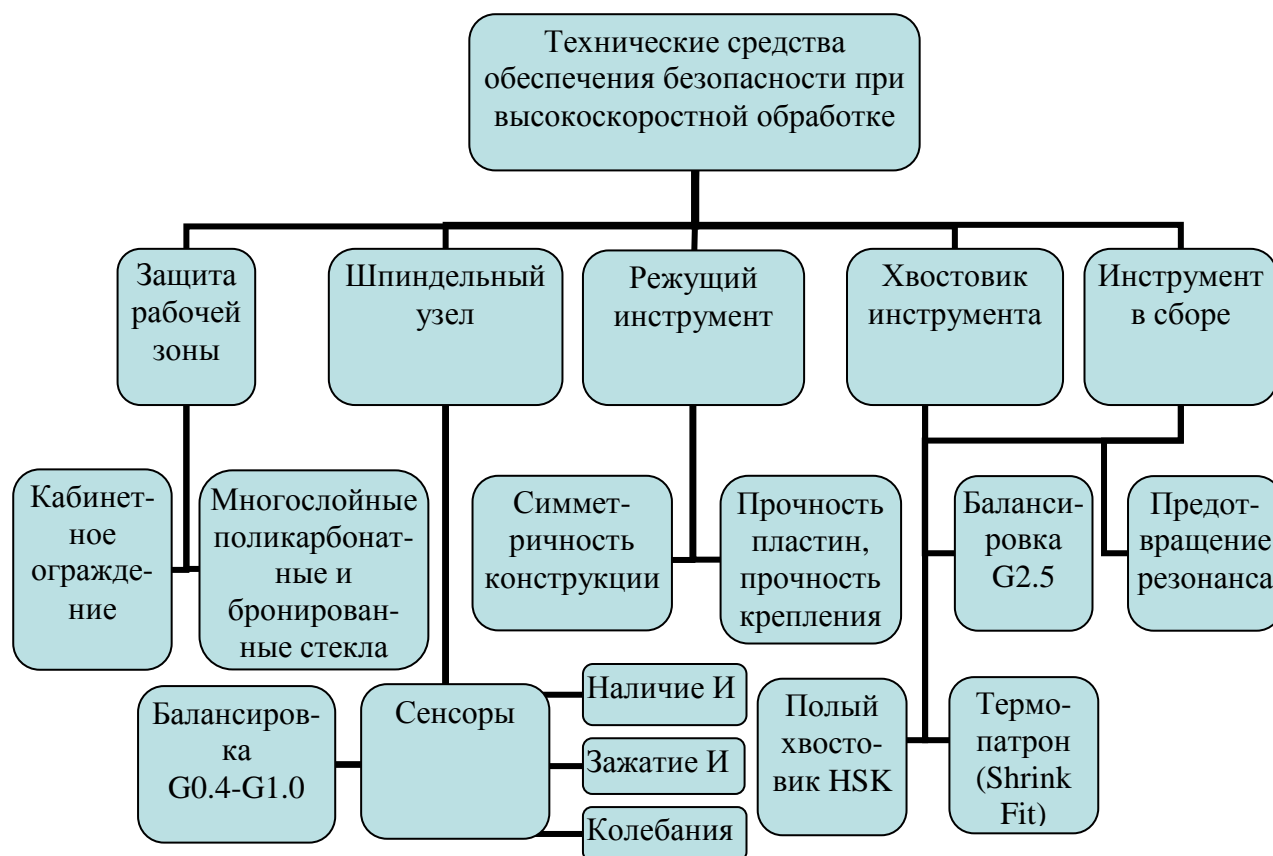


Рис. 1. Технические средства обеспечения санитарной безопасности при высокоскоростной обработке.

На рис. 1 показана обобщающая диаграмма технических средств обеспечения безопасности при высокоскоростной обработке. Присутствие кабинетной защиты далеко не достаточно для устранения опасности от воздействия опасных для здоровья продуктов, сопровождающих бессожевую обработку. Станкостроители размещают еще ряд систем для очистки воздуха, ориентированных на соответствующие источники опасности. Образовавшиеся в рабочем пространстве масляные аэрозоли, пыль и твердые частицы отводятся с помощью аспирационных систем; воздух очищается путем прохождения через каскад фильтров [6]. Для грубой очистки применяются механические фильтры, которые размещаются обычно над станком, но могут быть расположены сбоку, на полу, за станком [13]. Для более тонкой очистки в каскад фильтров встраивается электростатический фильтр,

работающий на принципе ионизации воздуха коронным разрядом [10]. Наконечники шлангов системы эвакуации отходов могут иметь *стационарное* [8] и *мобильное* расположение [16]. Контейнеры для сбора отходов - обычно объемистые сооружения, размещаемые рядом со станком на цеховом фундаменте [9; 12]. Применяется также система централизованного сбора отходов, обслуживающая нескольких станков одновременно [14]. Для удержания твердых частиц и пыли, не отведенных аспирационной системой, используется дополнительное устройство к системе, представляющее собой щетку, ограждающую зону вокруг источника пылеобразования. Особо эффективен вывод графитной пыли непосредственно через инструмент и шпиндель, обеспечивающий степень очистки до 95% [15; 17].

Для очистки поверхностей рабочей зоны станка подаваемая под давлением водная струя удаляет основную долю загрязнений; не эффективна при очистке жировых отложений, может вызвать коррозию. Отдается предпочтение очистке рабочей зоны станка сухим льдом, эффект действия которого основывается на проявлении термического шока, при котором загрязнение охлаждается до хрупкого состояния, что способствует отслаиванию от поверхности. Обеспечивает высокую скорость обработки, примерно в 2-4 раза выше, чем при традиционных способах очистки. Отсутствуют вторичные отходы благодаря сублимации сухого льда [1].

Для предотвращения возгорания применяется устройство для гашения пламени в рабочей зоне станка [3].

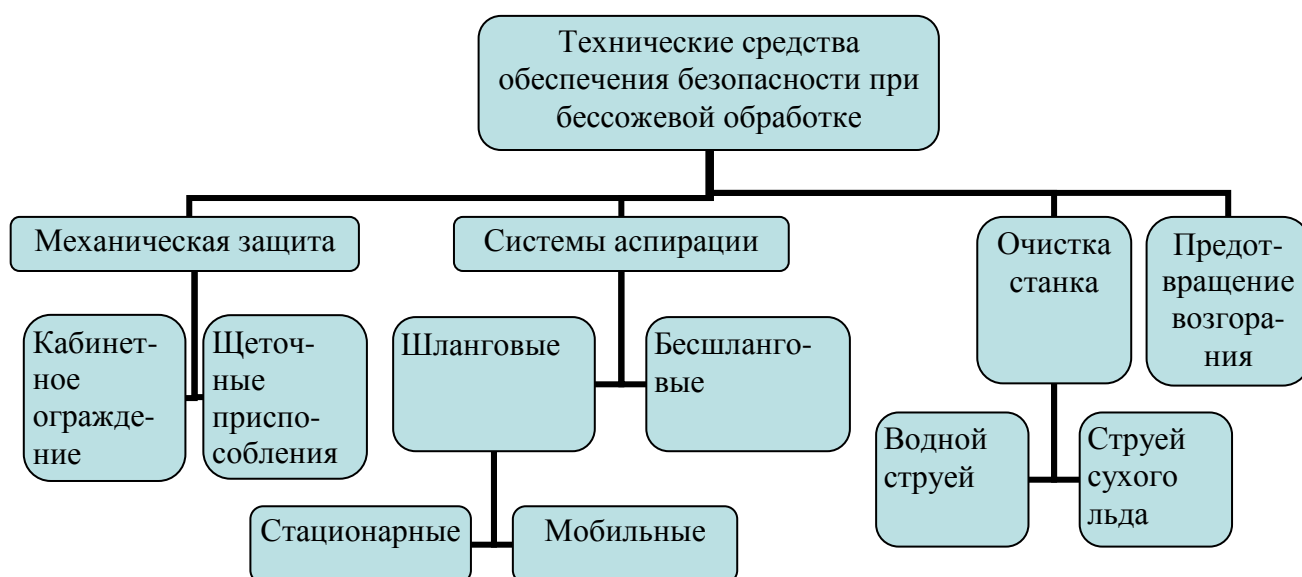


Рис. 2. Классификация технических средств обеспечения санитарной безопасности при бессожевой обработке.

На рис. 2 показана обобщающая диаграмма технических средств обеспечения безопасности при бессожевой обработке.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование показало, что бессожевая обработка на металлорежущих станках содержит опасные для здоровья человека источники и сопровождается выделением в атмосферу твердых частиц, пыли, газов и др. В зависимости от вида обработки преобладают те или иные патогенные факторы. Станкостроители оснащают металлорежущее оборудование надлежащими техническими средствами для своевременной и наиболее полной очистки загрязненного воздуха, среди которых аспирационные системы, установки для очистки станка, устройства для предотвращения пожаров. При бессожевой обработке наиболее опасны для здоровья человека формирующиеся в зоне обработки твердые частицы, пыль, масляный туман, озон, азот, диоксид углерода, этанол и другие легко испаряющиеся рабочие жидкости, тяжелые ионы воздуха.

В то же время анализ выявил следующие недостаточно проработанные вопросы санитарной безопасности:

- при работе с сухим льдом, и прежде всего при очистке рабочей зоны станка, не всегда устанавливаются абсорберы для удаления газообразного диоксида углерода;

- при работе с этанолом недооценивается опасность искрообразования и возгорания паров; следует избегать обработки деталей из стали, чугуна и других ферритных сплавов, образующих искры во время резания; не следует использовать также приспособления из этих материалов, так как в случае коллизии могут образоваться искры;

- производители аспирационных систем не всегда уделяют должного внимания защите вентиляционных установок от пожаров, причиной которых может быть образование на стенках трубопроводов критических объемов масла, пыли и т.д.

Выводы

1. Систематизированы источники опасности при высокоскоростной бессожевой обработке на металлорежущих станках.

2. Показаны технические средства обеспечения санитарной безопасности при высокоскоростной бессожевой обработке на металлорежущих станках.

3. Выполнена классификация технических средств обеспечения санитарной безопасности при высокоскоростной бессожевой обработке на металлорежущих станках.

Список литературы

1. Оборудование для чистки сухим льдом. – URL: www.ist-russia.ru.

2. Опасен ли азот? Передовые технологии производства газов. – URL: www.ndva.ru.
3. Станки, современные технологии и инструмент для металлообработки. Сухая обработка и обработка с минимальным количеством СОЖ. – URL: www.stankoinform.ru
4. Ростехпромсервис. – URL: www.rostecps.ru.
5. Угринов П. Сухая обработка. Металорежущие станки с ЧПУ. – URL: www.ugrinov.com
6. Air Quality Engineering. – URL: www.air-quality-eng.com
7. Datron. – URL: www.datron.de
8. Fanuc. – URL: www.fanuccnc.eu
9. Gentiger. – URL: www.gentiger.com.tw
10. Hitachi. Electrostatic Air Filter for CNC Oil Mist Suction. – URL: www.hitachi-pt.com
11. High-Pressure Water Washing, Deburring Machines // Modern Machine Shop. - 2010. - 6/26.
12. Hurco. – URL: www.hurco.com
13. Losma. – URL: www.losma.com
14. Lubriserv. – URL: www.lubriserv.com
15. Mori Seiki. – URL: www.moriseiki.com
16. Takumi. – URL: www.takumi.com.tw
17. Zelinski P. Through-Spindle Dust Collection for Composites and Graphite. Mori Seiki „Zerochip” // Modern Machine Shop. - 2008. - 2/22.
18. Hofmann. Балансировочные станки для инструментальных оправок. Hofmann- Mess- und Teiltechnik GmbH & Co.KG
19. HAAS. Rotary Solutions. - 2008. – 11.
20. Haimer. Tool Dynamic Modulares Auswuchtsystem. - 2010.
21. Modern Machine Shop. 3 Keys To Successful High Speed Machining. MMS inMotion Multimedia Presentation. – URL: www.mmsonline.com

Рецензенты:

Тошев И.Г., д.т.н., профессор, Технический университет, г. София;

Шехтов Х.К., д.т.н., профессор, Лесотехнический университет, г. София.