

Баринов С.В., Якунькин Н.М.

*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: adeon94@rambler.ru*

Конечно-элементное моделирование сварного соединения, упрочненного пластическим деформированием

В современном машиностроении крайне широко используются сварные соединения. Сварное соединение – неразъемная стыковка двух и более изделий, выполненное сваркой. Сварные соединения широко применяются в машиностроении и строительстве: от кузовов автомобилей до соединения газовых трубопроводов. Неотъемлемой частью сварного соединения является шов. Сварной шов – место соединения деталей, образовавшееся в процессе кристаллизации расплавленного материала. Сварное соединение обладает рядом неоспоримых достоинств, которыми являются: экономия материала, возможность соединения изделий сложной формы и конфигурации, герметичность и надежность в процессе эксплуатации. Стоит также отметить недостатки: наличие остаточных напряжений и внутренних (внешних) дефектов сварного шва, таких как раковины, трещины и др.

Остаточные напряжения в сварном шве в современном машиностроении устраняют с помощью множества эффективных способов, среди которых можно выделить термическую обработку и поверхностное пластическое деформирование (ППД). Особого внимания заслуживает ППД, как один из прогрессивных методов упрочнения сварных швов. ППД-обработка давлением, при которой деформируется только поверхностный слой металла и значительно увеличивается микротвердость; происходит поверхностное упрочнение – повышается сопротивляемость металла разрушению и остаточным деформациям.^[1] Для решения поставленной задачи по снижению остаточных напряжений в сварном шве будут использованы принципы волнового деформационного упрочнения.^[2]

Исходя из того, что остаточные напряжения являются большой проблемой в сварном шве, а их устранение на практике является затратным и энергоемким процессом, в который входит весь спектр производственных работ: от платы квалифицированному сварщику до больших затрат на специализированное для данного процесса оборудование, было принято решение смоделировать полное сварное соединение и провести эксперимент над ним, чтобы затем помочь предприятию в решении подобных проблем, связанных с упрочнением сварных швов. Данная задача является крайне актуальной, потому что испытывать сварной шов на производстве не выгодно для предприятия в финансовой отрасли. Современное компьютерное моделирование с помощью программ инженерного анализа предоставляет пользователю весь спектр различных исследований в интересующей его области машиностроения. Таким образом, для решения поставленной задачи была выбрана программа инженерного анализа ANSYS, которая позволяет построить соединение и провести все нужные эксперименты и исследования, с последующим анализом полученных результатов. Принцип работы данного программного обеспечения – моделирование на основе конечных элементов. Данный метод основан на решении дифференциальных уравнений с частными производными численным методом.

Для решения задачи потребовалось построить упругие твердотельные модели плиты, состоящей из двух половин, материалом выбран АМг-2. Также построены модель стола, на котором будет закреплена плита и твердотельный ролик из стали ШХ-15 для пластического деформирования сварного шва (рис. 1).

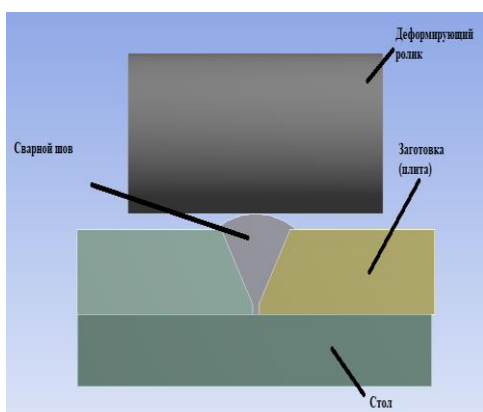


Рис. 1- Упругая твердотельная модель ролика и сварного соединения

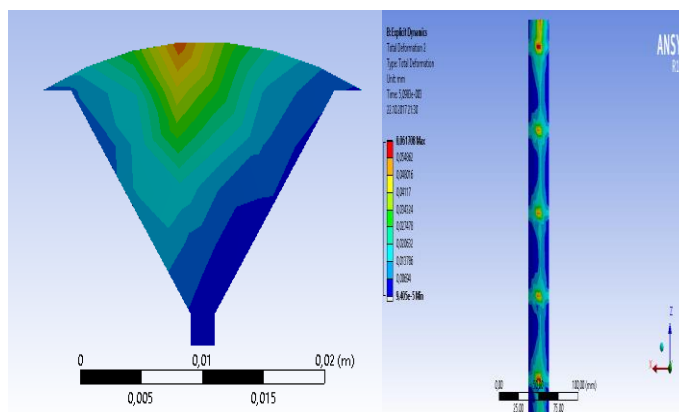


Рис.2. Распределение деформаций в сварном шве

Задачей моделирования является повышение прочности сварного шва волновым деформационным упрочнением с помощью твердотельного ролика. Процесс упрочнения имеет вид: ролик движется в вертикальной плоскости, имея возвратно-поступательное движение с приложенной к ролику силой. Сварное соединение жестко закреплено на столе, которому задана малая подача. После удара ролик поднимается на небольшое расстояние и в этот же момент времени стол передвигается на заданное расстояние и ролик снова производит удар. Данный процесс ударной нагрузки производится по всей длине сварного шва. Затем программа анализирует полученные данные в отдельном программном модуле. [3]

Использование принципов волнового деформационного упрочнения приводит к кардинальному снижению остаточных напряжений в сварном шве. Результатом моделирования является важные рекомендации для предприятий, которые занимаются изготовлением сварных соединений и в частности снижения в них остаточных напряжений. На рис.2 показано распределение деформаций при волновом деформационном упрочнении; снизу имеется линейка, которая позволяет реально оценить размеры распространения деформаций и сравнить их с результатами, полученными парктическим путём. Также с помощью программы были получены численные результаты по наличию остаточных напряжений. До обработки они составляли 168 МПа. После проведенной работы растягивающие остаточные напряжения составили 89 МПа, что говорит о снижении их в 1,887 раза. Таким образом, созданная конечно-элементная твердотельная модель может считаться перспективной для решения прикладных задач, связанных со снижением остаточных напряжений в сварных швах.

Литература

- ГОСТ 18296-72 Обработка поверхностным пластическим деформированием. Термины и определения.
- Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием. Библиотека технолога. М.: Машиностроение, 2004. 288 с.
- Стивен Хэйл. Десять основных шагов расчета динамических задач в явной постановке 1 и 2 части: [Электронный ресурс]. 2016. URL: <http://www.ansys.soften.com.ua/blog/216-desyat-osnovnykh-shagov-rascheta-dinamicheskikh-zadach-v-yavnoj-postanovke-chast-pervaya.html>. (Дата обращения 10.10.2017).

Васина Е.А., Ермолов А.В., Лукиенко Л.В.
ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический
университет им. Л.Н. Толстого»
г. Тула, пр-т Ленина, 125, Российская Федерация
E-mail: lukienko_lv@mail.ru

Особенности применения сельскохозяйственной техники для технологии обработки почвы «no-till»

Введение. Уровень продовольственной безопасности населения является одним из показателей экономического благополучия страны. Для улучшения состояния данного вопроса одним из условий развития должно быть применение инновационных технологий и техники [1]. На сегодняшний день технология «No-Till» уверенно распространяется в России и мире. Между практиками данной системы почвообработки всегда присутствует диалог и обмен опытом. В разных условиях ведения хозяйства выращивают различные культуры, проявляются различные сильные стороны и преимущества технологии.

Основная часть. «No-Till» технология – это современная модель обработки почвы, при которой грунт не обрабатывается традиционным, механическим и привычным для нас способом при помощи вспашки, а укрывается мульчей (измельченными остатками растительных культур). Основоположителем данной технологии стал русский ученый и агроном Иван Евгеньевич Овсинский. В 1871 году он начал проводить практические эксперименты на полях с применением органической мульчи без предварительной пахоты [2]. Полученный опыт автор технологии описал в своей книге «Новая система земледелия».

Основные принципы технологии «No-Till»:

- прямой посев;
- отсутствие предварительной подготовки почвы;
- минимальное повреждение структуры почвы;
- сохранение и накопление растительных остатков на поверхности почвы [3].

При использовании технологии «No-Till» оставшаяся на поле стерня не сжигается и не рывается в землю, а все органические остатки измельчаются до определенного размера и в виде мульчи равномерно распределяются по полю, поэтому главным требованием при обработке земли данным способом является ее ровная поверхность.

Разбросанная довольно толстым слоем мульча создает на полях мощное защитное покрытие, сохраняя и восстанавливая верхний пласт плодородного грунта, который позволяет сберегать влагу. Мульча также превосходно защищает почву от ветровой эрозии, не дает произрастать сорным травам и содействует образованию активной микрофлоры с обилием микро и макро элементов, которые обеспечивают высокую урожайность культур [4].

Кроме того, поскольку все пожнивные отходы остаются на поверхности, в почве увеличивается количество гумуса, растет уровень фосфора, восстанавливается плодородие земли, а благодаря тому, что затраты на топливо при использовании системы нулевой обработки значительно снижаются, то соответственно сокращается и количество выбросов углекислого газа в атмосферу. При этом происходит явная экономия ресурсов, поскольку снижаются амортизационные затраты, что безусловно положительно влияет на прибыльность.

Ученые посчитали, что «No-Till» технология позволяет сократить расходы на оплату труда в 1,6 раз, на горюче-смазочные материалы более, чем в 2,2 раза, а на оборудование почти в полтора раза [5]. При этом общая урожайность повышается минимум в три раза, а производственные расходы сокращаются в целом на двенадцать процентов.

Для обработки десяти тысяч гектар почвы по технологии «No-Till» необходимо такое оборудование: трактор мощностью 500 лошадиных сил, посевной комплекс шириной 18-25 метров, три-четыре зерновых комбайна, один опрыскиватель [5]. Вся вышеперечисленная техника должна быть оснащена системами GPS для управления трактором, так как при указанной ширине сеялки человек не может обеспечить четкое управление машиной. Однако, высокая стоимость технических средств требует квалификации агрономов.

Не следует забывать и о таком актуальном на сегодняшний день вопросе, как экология, ведь отказ от прямой вспашки значительно уменьшает выбросы вредоносных газов, которые производит сельскохозяйственная техника.

Кроме того, благодаря применению технологии «No-Till» вода в природных источниках, за счет уменьшения общей загрязненности полей, становится значительно чище. При этом из-за снижения уровня углеродистых выделений из грунта, нормализуется баланс атмосферного углерода, и расширяются возможности для предотвращения опустынивания и деградации почвы.

В разных странах технология используется для индивидуальных целей. К примеру, в Америке — для борьбы с эрозией от ветра, а в Канаде — для сохранения влаги в степных районах, в Бразилии — для защиты от потерь поверхностного слоя почвы, появившихся на месте уничтоженных тропических лесов. На систему нулевой обработки почвы приходится 6,8% пашни мира. Из этой площади практически 95% приходится на США, Канаду, Бразилию, Аргентину, Парагвай и Австралию, на Европу приходится лишь 3% [6].

Заключение.

В результате соблюдения всех агротехнических требований при обработке почвы технологией «No-Till» — она будет являться эффективной и менее затратной. Она поспособствует восстановлению естественного плодородия почвы. Ее применение позволяет существенно снизить затраты на сельскохозяйственные работы, поскольку при этом методе обработки полей уменьшаются трудозатраты и экономится значительная часть дорогостоящих ресурсов.

Литература

1. Инновационные технологии обработки почвы при посеве зерновых культур // natural-sciences.ru [Электронный ресурс]. 2017 URL: <https://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36081> (дата обращения: 25.12.2017).
2. Система земледелия «No-Till»// россельхоз.пф [Электронный ресурс]. 2017 URL: <http://россельхоз.пф/stati/nauka-i-tehnika/sistema-zemledelija-no-till.html>(дата обращения: 25.12.2017).
3. Основные принципы «No-Till»// blog.agromir-notill.com [Электронный ресурс]. 2017 URL :<http://blog.agromir-notill.com/osnovnye-principy-nou-till-podrobno-o-glavnom/>(дата обращения: 25.12.2017).
4. Нулевая технология обработки почвы («No-Till»)// hitagro.ru [Электронный ресурс]. 2017 URL: <http://hitagro.ru/nulevaya-tekhnologiya-obrabotki-pochvy-no-till/>(дата обращения: 27.12.2017).
5. Система нулевой обработки почвы или «No-Till» технология»// agrostory.com [Электронный ресурс]. 2017 URL: <http://agrostory.com/info-centre/knowledge-lab/sistema-nulevoy-obrabotki-pochvy-ili-no-till-tekhnologiya/>(дата обращения: 27.12.2017).
6. «No-Till»: достоинства и недостатки системы обработки почвы // aggeek.net [Электронный ресурс]. 2017 URL: <http://aggeek.net/ru/technology/id/no-till-dostoinstva-i-nedostatki-sistemy-obrabotki-pochvy-195/>(дата обращения: 28.12.2017).

Волченков А.В.

*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
armitp@yandex.ru*

Характер изменения внешнего нагрузочного воздействия при обкатке двигателей

Одно из важнейших условий эффективной приработки материалов – убывание скорости роста нагрузочного воздействия [3]. При проведении приработки тяжело нагруженных сопряжений кривошипно-шатунного механизма, деталей цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма, обладающих высокой твердостью, снижение скорости роста нагрузочного воздействия может являться следствием разных факторов. Приработочные процессы при взаимодействии поверхностей в первую очередь зависят от способности материала к упругопластической деформации на микроконтакте, активируемой также дополнительным тепловым напряжением. Этот вид взаимодействий инициирует формирование дефектов субструктуры (вакансий и дислокаций) и повышение остаточных напряжений. Неравномерное распределение их по глубине при опасном росте давлений приводит к коагуляции дефектов, формированию микропустот, коалесценция которых путем роста или сдвига формирует подповерхностные параллельные трещины. Рост фактических пятен контакта, на которых реализуются весьма высокие давления, затрудняется по мере их роста при росте нагрузки в силу упрочнения поверхностного слоя. Это обуславливает увеличение степени разогрева поверхностных слоев до некоторой активной глубины. Суперпозиция полей высоких контактных давлений и температур приводит к значительной активации повреждаемости.

Возможность эффективного протекания приработочных процессов обеспечивается необходимым и достаточным уровнем роста нагрузочного воздействия и температур, приводящим к необходимым изменениям фазового строения, полиморфным превращениям и образованию, таким образом, вторичных структур. Вторым критериальным условием должно быть поддержание необходимого диапазона активации поверхностей в процессе приработки, обеспечивающей формирование и поддержание достаточной интенсивности процессов приспособляемости.

Очевидно, что по мере роста нагрузочного воздействия и сужения эффективного диапазона активации поверхности, с точки зрения исключения повреждаемости, реализуемая на каждой ступени приработки часть запаса нагрузочной способности до заедания не должна возрастать. При этом поддержание необходимой интенсивности протекания приработочных процессов предполагает постоянство реализуемой части запаса нагрузочной способности до заедания на каждой ступени.

Применительно к программам обкаточного нагружения тепловозных дизелей, являющихся чрезвычайно сложными трибосистемами, условие убывания скорости нагружения подтверждено рядом исследований, при разработке режимов обкатки дизелей типа М753 и 2Д100 [4]. Условие постоянства величины реализуемой части нагрузочной способности сопряжений проверено на натурных дизелях в процессе стендовой обкатки [4].

Для сопряжений тепловозных дизелей в силу их конструктивных особенностей характерно одновременное повышение нагрузки и скорости при постоянной внешней температуре. Сопряжения трения полностью обкатанного дизеля или, по крайней мере, одно из наиболее нагруженных сопряжений (КШМ, ЦПГ и ГРМ) на номинальной нагрузке работает при максимальном уровне реализуемой, в данных условиях трения, нагрузочной способности. В этом случае, внешняя характеристика дизеля, являющаяся совокупностью предельных режимов его работы, может быть представлена как некая граница «заедания» его материалов сопряжений. Диапазон нагрузок между внешней характеристикой и режимом обкатки, таким образом, может рассматриваться как запас нагрузочной способности сопряжений до заедания.

Гусев С.В., Гусев А.С.

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: sergei-v.gusev@yandex.ru

Расчет амплитуды колебаний круглой пилы

Амплитуду колебаний диска можно приблизительно оценить по интенсивности её звучания. Сила звука работающей пилы, создаваемого поперечными колебаниями диска, может меняться в широком диапазоне от 60 до 90 дБ, что соответствует звуковому давлению от $2 \cdot 10^4$ до $6 \cdot 10^4$ Па [1].

Связь между звуковым давлением и амплитуды колебаний диска выражается зависимостью[2]

$$P = \rho \cdot c \cdot \omega \cdot a,$$

где ρ – плотность воздуха;

c – скорость звука в воздухе;

ω – угловая частота колебаний;

a – амплитуда поперечных колебаний.

Оценивая типичную частоту колебаний f в 1 кГц, при $\rho = 1,29$ кг/м³, $c = 331$ м/с, $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 6,28 \cdot 10^3$ 1/с и давлении $p = 2 \cdot 10^4$ Па, имеем

$$a = \frac{P}{\rho \cdot c \cdot \omega} = \frac{2 \cdot 10^4}{1,29 \cdot 331 \cdot 6,28 \cdot 10^3} = 3,8 \cdot 10^{-3} (\text{м}).$$

Такие колебания вызывают изгибающие колебания на режущей кромке зуба, которые можно подсчитать, исходя из граничных условий изгибаемого диска, который можно считать защемлённым как в центре так и на периферии (рис 1).

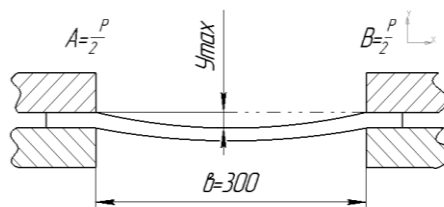


Рис 1. Колебания диска пилы

Уравнение изгиба даёт значение максимального прогиба

$$Y_{\max} = \frac{P \cdot b^3}{384 \cdot (1 - \mu) \cdot E \cdot I},$$

где I – момент инерции;

E – модуль упругости;

μ – коэффициент Пуассона.

Момент инерции полудиска

$$I = \frac{\pi \cdot b \cdot h^3}{24} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 2^3}{24} = 157 (\text{мм}^4).$$

$E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

Подставив значения I и $\mu = 0,25$ в уравнение прогиба, имеем

$$P = \frac{384 \cdot (1 - 0,25) \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 157}{300^3} = 1600 (\text{Н}).$$

$A = B = 800$ Н.

Изгибающие моменты в точках А и В

$$M_a = \frac{P \cdot b}{12} = \frac{1600 \cdot 300}{12} = 4 \cdot 10^4 (\text{Н} \cdot \text{мм}).$$

Изгибающие напряжения у основания зуба (рис. 2)

$$W = \frac{15 \cdot 2^2}{6} = 10 (\text{мм}).$$

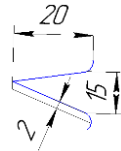


Рис 2. Зуб пилы

Число зубьев в контакте с древесиной определяется из соотношения длины волны поперечных колебаний и длины дуги врезания. При зазоре между стенками пропила и диском $e = 1$ мм (рис. 3), что составляет $\frac{1}{4}$ радиуса $R = 350$ мм, составляет 82 мм.

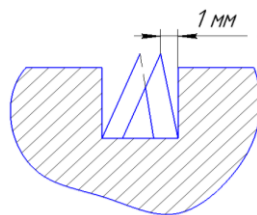


Рис 3. Зазор между стенками пропила и диском пилы

При этом длина дуги врезания

$$l = 5,77 \cdot h = 5,77 \cdot 82 = 473 (\text{мм}).$$

Поскольку частота $f = 1000$ Гц, а скорость вращения $n = 1500$ об./мин, т.е. 25 об./с.

Т.е. частота колебаний в 40 раз больше частоты вращения, а длина волны составляет $1/40$ от длины окружности $L = 2 \cdot \pi \cdot R$.

$$L = 2 \cdot 3,14 \cdot 350 = 2200 (\text{мм}),$$

а длина волны

$$l_b = \frac{L}{40} = \frac{2200}{40} = 55 (\text{мм}).$$

На длине врезания разместится

$$h = \frac{473}{55} \approx 8 (\text{зубьев}),$$

из них 4 будут испытывать изгиб в одну сторону.

Изгибающие напряжения

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{2 \cdot M_a}{h \cdot W} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^4}{8 \cdot 10} = 10^3 (\text{МПа}).$$

Для стали с твёрдостью 38...45 HRC предел выносливости составляет [3]

$$\sigma_{-1} = 600 \dots 700 \text{ МПа}.$$

Так как зуб имеет треугольную форму, то напряжение по всей длине кромки будет примерно постоянные, превышают предел выносливости приблизительно в 1,5 раза, что приведёт к её усталостному выкрашиванию.

Литература

1. Теремщук Р.М., Домбругов Н.Д. Справочник радиолюбителя. Киев. АН УССР. 1962.
2. Кухлинг Х. Справочник по физике М.: Мир. 1982.
3. Погодин-Алексеев Г.И. Справочник по машиностроительным материалам. М.: Машгиз.1959. Т1.-551с.

Зелинский В.В., Борисова Е.А.

*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: center@mivlgu.ru*

Оценка структурной неоднородности легированных сталей

На современном этапе борьбы с износом исполнительных органов машин перспективно применение бесконтактных физических методов воздействия на материалы исполнительных органов. Одним из таких методов является обработка относительно слабым магнитным полем. Однако природа влияния намагничивания на снижение износа до сих пор не изучена и управление этим влиянием не представляется возможным. Поэтому установление механизма и возможностей кратного снижения износа магнитной обработкой на примере трибосистем, содержащих элементы из легированной стали представляет собой важную задачу.

Трибосистемы «легированная сталь – углеродистая сталь» образуют исполнительные органы металлорежущих станков (режущий инструмент) в контакте с обрабатываемым материалом, исполнительные органы в виде роликовых захватов, направляющих роликов в зонах скользящего контакта с рельсом обширной гаммы железнодорожных путевых машин, системы формообразующий ролик – деформируемый материал в оборудовании для холодного проката, в разнообразных профилирующих машинах и др. Общим для всех перечисленных трибосистем является скольжение поверхностей в условиях пластического деформирования, сопровождающееся повышенным изнашиванием при схватывании (ГОСТ 27674-88). Такой вид изнашивания происходит в результате схватывания на микроучастках сопряженных поверхностей с последующим вырывом или срезом материала, переносом его с одной поверхности на другую. В настоящее время мероприятия по повышению износостойкости таких трибосистем традиционно сводятся к увеличению твердости индентора. Однако, в ряде случаев, например, для металлообрабатывающих станков нецелесообразно повышать твердость уже готового «рыночного» инструмента. Для железнодорожных путевых машин значительное повышение твердости исполнительных органов нецелесообразно из-за неизбежного износа рельсов, любые виды которого не допускаются правилами эксплуатации и ремонта путей. Поэтому резервом повышения износостойкости инденторов в трибосистемах с процессами схватывания является создание на их контактных площадках в пределах нескольких наружных атомных слоев кристаллической решетки особого энергетического состояния, инициирующего снижение износа. Отмеченный эффект может быть достигнут обработкой магнитным полем (ОМП) относительно невысокой напряженности (до 500 кА/м). Намагничивание в относительно слабом поле имеет ряд преимуществ, таких как простота конструкции; незначительная стоимость и высокая производительность устройств, относительная простота технологии, а также сохранение геометрии обработанных деталей.

Из гипотезы о противиадгезионной природе эффекта обработки магнитным полем, предложенной ранее авторами [1, 2] следует, что локальное схватывание кристаллических решеток материалов трибосистемы определяется уровнем энергии связи между атомами в решетках.

В свою очередь на энергию связи между атомами сильно влияет уровень дефектности решетки. К ее дефектам относятся наличие вакансий, искажений от примесей, включений легирующих элементов и др. [3, 4].

У намагниченных ферромагнетиков, к которым относятся легированные стали, границы доменов совпадают с внешней границей кристаллической решетки. После ОМП энергия магнитострикции за счет упорядочения уменьшает количество вакансий и искажений в решетке. Благодаря этому повышается энергия связи между атомами в доменных стенках. Очевидно, что наличие дефектов влияет на структурную неоднородность легированных сталей и, следовательно, энергию взаимосвязи атомов.

Влияние ОМП на структурную неоднородность оценивали измерением микротвердости до и после проведения ОМП с использованием микротвердомера ПМТ-3М. Обработку магнитным

полем проводили на специальной установке. Исследование производили на образцах незакаленных легированных сталей ХВГ, 40Х в виде прямоугольных призм, которые являлись также образцами-инденторами в последующих триботехнических испытаниях. Результаты измерений представлены приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Микротвердость образцов до и после ОМП

Марка стали	Среднее значение микротвердости в образцах до/после ОМП	% увеличения микротвердости за счет ОМП	Разброс значений микротвердости в пределах одного образца до/после ОМП	% разброса к среднему значению	Кратность снижения разброса за счет ОМП
ХВГ	268,48/283,2	5,5	248/137	92/48,9	1,81
40Х	275,24/287,1	4,3	262/147	95,18/51,2	1,78

Обнаруженное повышение микротвердости на 5,5% для стали ХВГ и 4,3% для стали 40Х не может заметно повысить механическую прочность трибоповерхности и тем самым повлиять на ее износостойкость. Этот факт отмечен многими исследователями [5, 6].

Наиболее важный результат сравнительной оценки состоит в установлении факта, что поле разброса значений микротвердости в результате проведения ОМП значительно уменьшилось – для стали ХВГ и 40Х соответственно в 1,81 и 1,78 раза.

Таким образом, можно считать установленным, что проведение ОМП оказывает существенное влияние не на механическую прочность легированной стали, как индентора в трибологической системе, а на ее адгезионные свойства, предрасположенность к схватыванию при трении, способность удерживать атомы легирующих элементов от химического взаимодействия с сопряженной решеткой контртела.

Литература

1. Зелинский В.В., Борисова Е.А. Опытная оценка влияния магнитной обработки на износостойкость инструментальных сталей // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, - 2013. - № 3, - С.55-60.
2. Зелинский В.В., Степанов Ю.С., Борисова Е.А. Влияние обработки магнитным полем на износ инструментальных сталей // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, № 2 (322), 2017, с. 73-81.
3. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. - 544 с.
4. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. – М.: Металлургия. 1983.- 359 с.
5. Колеров О.К., Трухов А.П., Логвинов А.Н., Мокеев А.В. К магнито-импульсной обработке быстрорежущих сталей / Вестник СГАУ, 2004, № 1(5), с. 85-88.
6. Гаркунов Д.Н., Суранов Г.И., Коптяева Г.Б. О природе повышения износостойкости деталей и инструмента магнитной обработкой. - Трение и износ, 1982, т. 3, № 2, с. 327-330.

Каменский М.Н., Козлов А.М.
Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева
301665, Тульская область, г. Новомосковск, ул. Дружбы, 8
MKamensky@yandex.ru

Особенности проектирования машин для измельчения твердых материалов

В настоящее время получили широкое распространение измельчающие машины ударного действия, например, молотковые дробилки. В процессе работы дробилки поступающий в загрузочную камеру твердый материал подвергается ударным нагрузкам молотков, закрепленных на вращающемся роторе. При появлении критических внутренних напряжений в разрушаемом сырье, дробимый материал измельчается и проваливается через отверстия колосниковых решеток и затем поступает на конвейер или в бункер [1]. На рисунке 1 представлен общий вид и рабочие органы молотковой дробилки.

Под влиянием ударных нагрузок и воздействия измельчаемого материала на рабочие поверхности дробилок происходит их интенсивный износ, при этом нарушается балансировка всей конструкции, а наибольшему изнашиванию подвержены молотки. Процесс замены молотков вызывает значительные трудности, так как при этом возникает необходимость разобрать ротор дробилки.

С резким ростом требований к эффективности использования и конкурентоспособности современного оборудования возрастает необходимость повышения производительности измельчающих машин в химическом производстве и увеличения их межремонтных циклов.



а)



б)

Рис. 1. Общий вид а и рабочие органы б молотковой дробилки

Таким образом, в процессе проектирования необходимо разрабатывать конструкции молотковых дробилок с обязательным проведением прочностных расчетов в системе автоматизированного проектирования (САПР) и особое внимание необходимо уделить долговечности молотков для обеспечения надежной и долговременной эксплуатации измельчающих машин ударного действия.

Проведенный анализ современных САПР показал, что отечественная система АРМ WinMachine в наибольшей степени отвечает поставленным задачам автоматизированного расчета и проектирования оборудования химических производств [2].

На первом этапе исследования была создана модель молотка, предварительно задан его конструкционный материал, и способ закрепления, далее проведена разбивка исследуемой детали на конечные элементы (рис. 2 а). После этого были приложены нагрузки, которым подвергаются молотки в процессе работы, и произведен расчет.

В результате проведенных исследований определены возникающие в процессе работы напряжения элементов дробилки (рис. 2 б). Анализ результатов прочностных расчетов молотка показывает, что действующие нагрузки не превосходят допустимых величин.

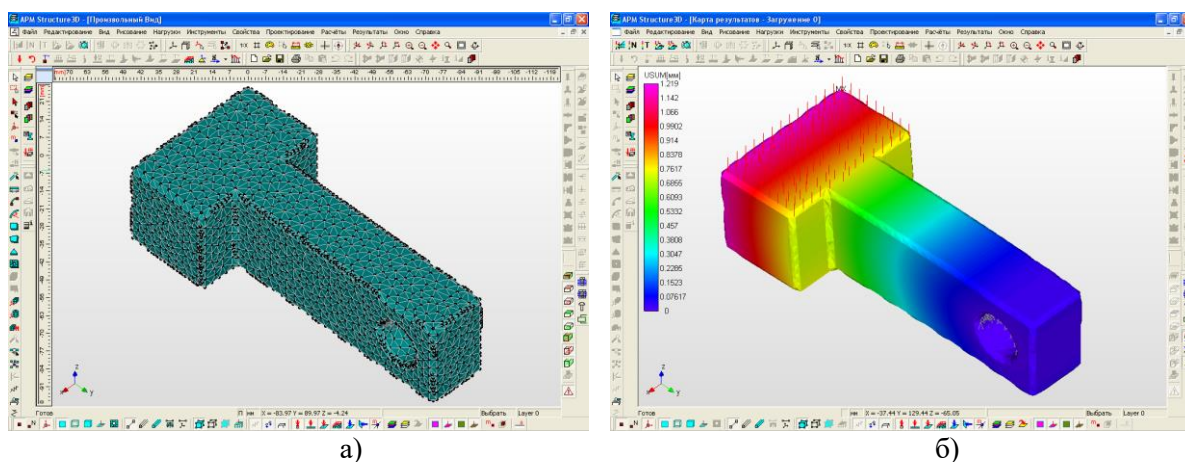


Рис. 2. Конечно-элементная модель и напряженно-деформированное состояние в молотке

Удобство применения данного метода расчета состоит в том, что в случае, когда по прочностным показателям элементы дробилки не проходят модельных испытаний, существует возможность изменить конструкционный материал, или применить другие решения и повторить расчет. Это позволяет экономить время и средства на проведение натуральных экспериментов.

После проведения необходимых прочностных расчетов в САПР созданы трехмерные модели всех элементов молотковой дробилки, произведена их сборка, в результате чего разработана конструкция молотковой дробилки (рис. 3), которая обеспечивает создание динамических нагрузок для разрушения измельчаемого материала, сохраняя при этом прочностные характеристики рабочих органов.

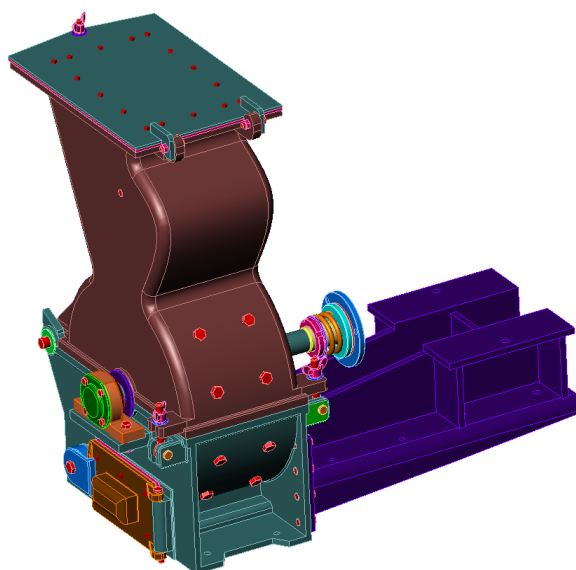


Рис. 3. Общий вид разработанной конструкции молотковой дробилки

Проведенные прочностные исследования позволили определить наиболее рациональные геометрические параметры и конструкционный материал элементов дробилки, обеспечивающие высокую производительность и долговечность оборудования, применяемого на химических производствах.

Литература

1. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учеб. пособие / В.Я. Борщев. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2004. 75 с.
2. Лукиенко Л.В., Каменский М.Н., Исаев В.В. Повышение качества проектных решений при разработке оборудования химических производств с использованием программного комплекса APM WinMachine / Новый университет. Технические науки. Йошкар-Ола: Коллоквиум, 2013. №1 (11). С. 13–16.

Карпов А.В.

*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
krash75@mail.ru*

К вопросу распределения припуска между элементами технологического процесса механической обработки поверхностей деталей машин

В [1, 2] нами предложен и обоснован интегральный показатель энергетической эффективности процесса механической обработки K ("энергетический КПД резания"), записываемый в обобщённом виде следующим образом:

$$K = \frac{\{\text{полезная работа}\}}{\{\text{затраченная работа}\}} = \frac{\Delta w}{e} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где Δw – удельная энергоёмкость обрабатываемого материала, Дж/мм³, определяемая в зависимости от преобладающего при заданных условиях стружкообразования вида деформации и разрушения; e – удельные энергозатраты резания, Дж/мм³, т.е. работа режущего инструмента, отнесённая к единице объёма срезаемого слоя заготовки или поверхностного слоя обработанной поверхности детали.

Учитывая, что работа, совершаемая режущим клином, напрямую зависит от изменения мощности резания во времени [3, 4], энергетический показатель K запишем в виде [5]:

$$K = \frac{\Delta w \cdot V}{n_{\text{ц}} \cdot A_{\text{ц}}} = \frac{\Delta w \cdot V}{n_{\text{ц}} \cdot \int_0^{\tau_{\text{ц}}} N(\tau) d\tau}, \quad (2)$$

где V – объём срезаемого слоя; $n_{\text{ц}}$ – число циклов изменения мощности резания $N(\tau)$ в единицу времени; $A_{\text{ц}}$ – работа резания за время $\tau_{\text{ц}}$ одного цикла изменения мощности резания.

Выражения (1), (2) относятся к одному рабочему ходу режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки. Иными словами, они характеризуют энергетическую эффективность единичного (конкретного) технологического воздействия на обрабатываемый материал. Нами получены теоретико-эмпирические выражения для расчёта удельных энергозатрат и показателя энергетической эффективности K при обработке углеродистых и легированных сталей, чугунов, цветных конструкционных сплавов точением, сверлением, фрезерованием и шлифованием [5]. Эти выражения нашли применение в методиках параметрической оптимизации технологических процессов обработки резанием деталей машин на иерархическом уровне «рабочих ходов», когда глубина резания t задана и постоянна во времени [6].

Сложнее обстоит вопрос с исследованием энергетической эффективности нескольких, последовательно осуществляемых рабочих ходов одного инструмента или различных инструментов при обработке конкретной поверхности заготовки. Обычно технологический процесс обработки резанием предусматривает несколько технологических операций при формообразовании каждой поверхности детали. Например, ответственные поверхности рычагов получают фрезерованием (получистовым, чистовым) и плоским шлифованием, цилиндрические поверхности валов – точением (черновым, получистовым, чистовым) и круглым шлифованием (либо тонким окончательным точением) и т.д. Даже в том случае, если на механическую обработку конкретной поверхности отведена одна технологическая операция, то, как правило, она включает в себя несколько различных по своему назначению технологических переходов (черновой, получистовой, чистовой). Таким образом, формообразование поверхности заготовки есть результат последовательных рабочих ходов одного или различных режущих инструментов, причём энергетическая эффективность каждого рабочего хода может быть количественно охарактеризована с помощью выражений (1), (2).

В общем случае, с целью повышения производительности и сокращения суммарных энергозатрат стремятся удалить весь припуск, предусмотренный на конкретную поверхность

детали, за один рабочий ход инструмента. Если это затруднительно ввиду недостаточной жёсткости технологической системы или прочности инструмента, либо невозможно ввиду высоких требований к качеству получаемой поверхности, приходится осуществлять несколько последовательных рабочих ходов в пределах одного технологического перехода, либо несколько последовательных технологических переходов в пределах одной технологической операции, либо даже несколько технологических операций. Возникает задача такого распределения припусков t_1/t_2 между двумя последовательными рабочими ходами инструмента 1, 2, при котором суммарные удельные энергетические затраты $e_{1,2} = (e_1 + e_2)$ были бы минимальны. Принцип решения задачи представим в форме следующих условий:

$$\frac{\partial e_{1,2}}{\partial t_1} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{\partial^2 e_{1,2}(t_1)}{\partial t_1^2} > 0 \quad (3)$$

На примере цилиндрического фрезерования плоской поверхности заготовки из углеродистой конструкционной стали решением уравнений (2) стали новые выражения для расчёта оптимального значения глубины резания t_1 первого рабочего хода фрезы. При использовании быстрорежущих и твердосплавных фрез эти выражения получили вид:

$$t_1 = \frac{t}{1 + \left(\frac{v_2 \cdot s_{M1}}{v_1 \cdot s_{M2}} \right)^{0,25}} \quad \text{и} \quad t_1 = \frac{t}{1 + \left(\frac{v_2 \cdot s_{M1}}{v_1 \cdot s_{M2}} \right)^{0,22}} \quad (4)$$

где v_2/v_1 , s_{M1}/s_{M2} – отношение значений соответственно скоростей резания и минутных подач на рабочих ходах 1, 2. Значения v_1 , v_2 , s_{M1} , s_{M2} назначают, пользуясь традиционными методиками, – из условия обеспечения требуемой стойкости фрезы и (или) шероховатости обработанной поверхности. Минимизацию суммарных удельных энергозатрат предлагаем учитывать распределением припуска в соответствии с выражениями (4). Значение глубины резания при осуществлении второго рабочего хода фрезы: $t_2 = t - t_1$. В общем случае $v_1 \neq v_2$, $s_{M1} \neq s_{M2}$, и рабочие ходы 1, 2 представляют собой при этом два последовательных перехода в пределах одной технологической операции "Фрезерная". Если $v_1 = v_2$, $s_{M1} = s_{M2}$ и $t_1 = t_2 = t/2$, то рабочие ходы 1, 2 представляют собой два одинаковых последовательных прохода 1, 2 фрезы в пределах одного технологического перехода внутри операции "Фрезерная".

Аналогично можно получить расчётные выражения для энергетически экономичного распределения припуска при осуществлении других технологических операций механической обработки поверхностей заготовок деталей машин - точения, сверления, шлифования и т.п.

Литература

1. Karpov A.V. Towards Energy Intensity Reduction of Machining Fabrication Procedures // Applied Mechanics and Materials. Vol. 756 (2015). Pp. 111-115.
2. Karpov A.V. Determining the effective conditions for machining fabrication procedures based on the cutting process energy patterns // Procedia Engineering. Vol. 129 (2015). Pp. 116-120.
3. Албагачиев А.Ю., Карпов А.В. Энергетические критерии расчёта рациональных режимов механической обработки // Научные труды VII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики, экономики и права». Книга «Приборостроение». – М.: МГАПИ, 2004. – С. 4-12.
4. Игнатов С.Н., Карпов А.В., Распопин А.П. Оценка эффективности лезвийной обработки с использованием безразмерного энергетического критерия // СТИН. № 12. 2004. – С. 23-26.
5. Карпов А.В. К вопросу снижения энергоёмкости технологических процессов обработки резанием // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/108-8697>.
6. Карпов А.В. Показатели энергетической эффективности процесса резания // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. Том 14. № 1. 2012. – Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2012. – С. 51-59.

Козлов А.М., Каменский М.Н.
 Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева
 301665, Тульская область, г. Новомосковск, ул. Дружбы, 8
 MKamensky@yandex.ru

Модернизация насоса высокого давления для транспортировки жидкого аммиака

Промышленные схемы синтеза аммиака, несмотря на различное технологическое и аппаратное оформление, базируются на общих принципах, основанных на кинетических и термодинамических особенностях процесса.

В современных аппаратах синтеза аммиака большой единичной мощности процесс ведут на плавящихся железных катализаторах при температурах 420-500°C, давлениях порядка 25-30 МПа. Эти установки выдают товарную продукцию в виде жидкого аммиака, который перекачивается плунжерными насосами ($P_p=0,3-1,0$ МПа, $t=-30-33^\circ\text{C}$), подаваемого из сборника жидкого аммиака на хранение в шаровые резервуары, аммиачные цистерны или баллоны.

Перекачивается жидкий аммиак на НАК «Азот» (г. Новомосковск) трёхплунжерным насосом высокого давления фирмы URACA, производительностью 54 м³/ч.

В ходе эксплуатации происходит изнашивание ряда элементов конструкции насоса, в частности: плунжеров (рис. 1), изготовленных из стали 45, клапанов всаса и нагнетания, шевронной сальниковой набивки из фторопласта 4К30.



Рис. 1. Износ плунжера после эксплуатации

Наиболее дорогостоящей деталью из перечисленных является плунжер, именно по этой причине было принято решение исследовать возможность его восстановления и выбрать наиболее приемлемый метод (рис. 2).

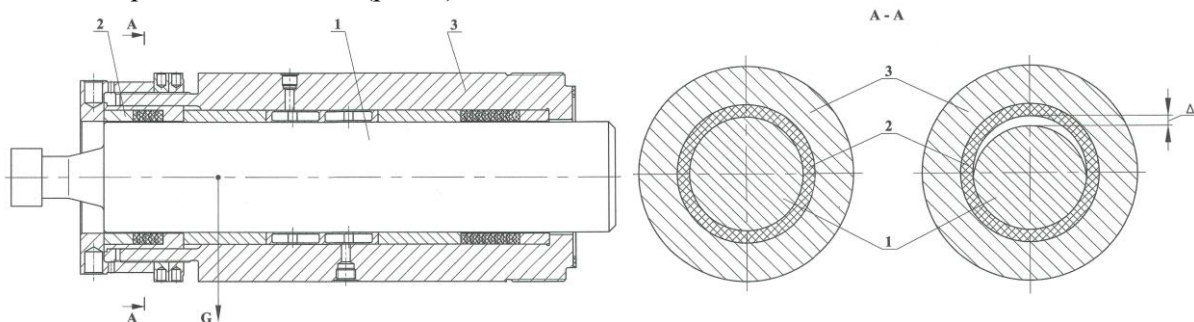


Рис. 2. Схема процесса износа плунжера:

1 – плунжер; 2 – сальниковое уплотнение; 3 – корпус; G – сила тяжести; Δ – величина износа

Партия вышедших из строя плунжеров в количестве 12 штук была исследована в месте контакта поверхности плунжера с сальниковой набивкой. Измерение глубины изнашивания поверхности проводилось при установке плунжера в центрах токарного станка индикатором часового типа ИЧ-2, с ценой деления 0,01 мм.

Отклонение от номинального размера на всех плунжерах было выявлено в средней части рабочей зоны и достигало величины порядка 1,26 мм, что позволяет сделать вывод о возможности восстановления путём наращивания размеров дефектной зоны.

Характер повреждений поверхностного слоя и изменение геометрических размеров свидетельствовало о преобладании механической природы изнашивания, этот факт даёт возможность рекомендовать при выборе способа восстановления получать износостойкое покрытие.

На основе литературного обзора по указанной тематике были выбраны способы, в наибольшей степени приемлемые для условий ремонтного производства НАК «Азот», в частности: электродуговая наплавка, плазменное напыление с последующим оплавлением, электродуговая металлизация и газотермическая наплавка, позволяющие получать наращиваемые слои достаточной толщины и твёрдости наносимого материала.

Пробная партия образцов на стали 45 диаметром 25 мм и длиной 40мм подвергалась нанесению покрытий всеми перечисленными способами после соответствующей технологической подготовки поверхности (пескоструйная обработка, рваная резьба, травление).

Металлографический анализ поперечных шлифов, вырезанных из указанных образцов вулканитовым отрезным кругом при интенсивном водяном охлаждении, показал, что наиболее приемлемым и технологичным методом восстановления плунжеров может быть электродуговая металлизация пружинной проволокой из стали 60 или газотермическое напыление самофлюсующимся порошком ПГ – СР4 ($t_{пл} = 990^{\circ}\text{C}$, HRC 58-62). Исходя их технико-экономических соображений наиболее дешёвым способом из вышеназванных является электродуговая металлизация с последующей механической обработкой, включающей чистовое точение и шлифование в номинальный размер. Толщина предварительно наносимого покрытия может достигать 6 мм при незначительной пористости, достаточно высокой адгезии покрытия и сравнительно невысоких расходах электрической энергии и напыляемого материала.

Анализ причин выхода из строя клапанного блока насоса высокого давления показал необходимость восстановления работоспособности основных деталей и одновременное повышение износостойкости. Наиболее приемлемым вариантом, на наш взгляд, является достаточно технологичная для условий ремонтных мастерских предприятия методика газотермического напыления самофлюсующегося порошка с последующим оплавлением нанесённого покрытия. В случае положительного заключения по результатам технико-экономического расчёта технология ремонта может быть следующей.

Подготовка деталей к наплавке, включает промывку в горячем ($85-90^{\circ}\text{C}$) моющем растворе МС-8 ГОСТ 9402-80, дефектация и подготовка поверхности под наплавку. Далее по следующей схеме:

1. Прокалить металлопорошок марки ПГ-ХН80СР4 с размером частиц 50-70мкм при температуре $200^{\circ}-300^{\circ}\text{C}$ в течение 1-2 часов.
2. Прогреть наплавочной горелкой поверхность детали до температур $350^{\circ}-380^{\circ}\text{C}$
3. Горелку снабдить наконечником №3, обеспечить расход пропана 270-300 л/ч при давлении 40 кПа и кислорода 390 кПа при расходе 270-300 л/ч
4. На нагретую поверхность пропано-кислородной горелкой первым проходом напылить слой порошка, вторым проходом его сплавить и поддерживать расплавленную ванну пламенем горелки до полного покрытия всей ремонтируемой поверхности. Выдерживать толщину наплавленного слоя не более 1 мм.
5. Восстановить геометрические параметры золотника клапана на токарном станке алмазным или эльборовым резцом, либо на плоскошлифовальном станке абразивным инструментом до $R_a 0,63$ мкм.
6. Провести контроль деталей на наличие дефектов, геометрических размеров, твёрдости и шероховатости.

В результате проведена модернизация насоса высокого давления, применяемого на НАК «Азот» для транспортировки жидкого аммиака.

Лазуткин С.Л., Лазуткина Н.А.
Муromский 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: lslmurom62@yandex.ru

Состояние исследований динамики системы «дизель-молот-свая-грунт»

Аналитические исследования энергетического баланса и динамики системы «дизель-молот-свая-грунт» были проведены Г.Я. Клебановым [1,2]. Исследования проведены на основе анализа энергетического баланса системы и рассмотрения диаграмм рабочего цикла дизель-молота. В результате исследований получена величина индикаторной работы цикла.

Влияние параметров индикаторного процесса на погружающую способность дизель-молота определено в зависимости от усилий взаимодействий между грунтом, свайей и молотом. Эта зависимость установлена в результате решения совместной задачи динамики системы «молот-свая-грунт». Рассмотрены два возможных вида удара: мягкий, т.е. пластичный; и упругий с отскоком ударной части. Было принято допущение, что сила сопротивления грунта в процессе одного удара постоянна и движение в этом участке равнозамедленное, т.е. движение происходит под действием постоянной силы.

Допущения, принятые Г.Я. Клебановым, выглядят достаточно обоснованными, тем более, что результаты его аналитических исследований хорошо подтверждены в процессе испытаний экспериментального образца дизель-молотов. Аналитические исследования Г.Я. Клебанова дали возможность получить зависимости технических показателей устройства от конструктивных, силовых и энергетических параметров дизель-молотов. Это оказалось возможным благодаря тому, что была учтена динамика не только падающей части молота, а всей системы «молот-свая-грунт». Ю.В. Дмитриевичем и Г.П. Рязанцевым были проведены экспериментальные исследования гидромолота двойного действия с энергией удара 20000Дж. [3]. В процессе исследований проверялись полученные ранее расчетные формулы для определения перемещений, скоростей ударной части и давление жидкости в гидросистеме. Устанавливалась работоспособность машины. В начале были замерены параметры характеризующие процесс работы гидромолота, а затем проверялась эффективность его работы при забивке железобетонных свай. В результате экспериментальных исследований, также как и в результате аналитических, были выявлены только кинематические и динамические характеристики ударной части молота. Полученные экспериментальные данные хорошо сходятся с результатами аналитических исследований.

Аналитико-экспериментальные исследования процессов погружения свай различными рабочими органами проведены Б.В. Гончаровым. В результате автором установлено, что наибольшей погружающей способностью обладают трубчатые дизель-молоты, которые при равных весах ударной части имеют погружающую способность в 2-2,5 раза больше, чем штанговые.

Экспериментальные работы по вдавливанию свай позволили установить, что:

-при погружении свай вдавливанием энергия затрачивается в основном на пластическое деформирование грунта, и потери на упругие деформации минимальны;

-оптимальными скоростями погружения свай в глинистые грунты вдавливанием являются скорости в интервале 0,8-16 м/мин. Кроме того, этот метод имеет следующие положительные стороны: обеспечивается непрерывность процесса погружения с минимальными затратами энергии, и при этом отсутствуют динамические нагрузки на сваю, обеспечивается сравнительно простой контроль усилия вдавливания, а, следовательно, и несущей способности свай. Единственным недостатком вдавливающих рабочих органов является необходимость при увеличении погружающей способности в значительном весе оборудования, воспринимающем реактивное усилие грунта [2]. Автором проведено так же исследование вибрационного, вибровдавливающего и виброударного процессов погружения свай. Произведено сравнение исследуемых процессов погружения свай различными рабочими органами в условиях одной площадки по скорости погружения, энергоемкости и оценивалось влияние метода погружения на несущую способность свай. При этом сваи погружались на равную глубину до величины

сопротивления, ниже минимальной погружающей способности сравниваемых рабочих органов. Данные о скоростях и энергоёмкости погружения свай приведены в таблице [4].

Таблица 1 – Сравнение скорости и энергоёмкости процесса погружения свай различными рабочими органами

Наименование параметра	Единица измерения	Тип оборудования				
		вибратор	Вибровдавливание	Вибромолот	Дизель-молот	Вдавливание
1	2	3	4	5	6	7
Время погружения на глубину 3 м	мин.	7,0	4,7	3,5	2,5	2,2
Осадка свай за рабочий цикл	Мм	0,25	0,35	0,7	20	-
Способность погружения свай на последнем метре	м/мин.	0,10	0,22	0,25	1,10	1,32
Затраты энергии на осадку свай за один цикл	кгм	115	210	245	800	-
Удельные энергозатраты на тонну несущей способности	кгм/м	$66 \cdot 10^3$	$48 \cdot 10^3$	$46 \cdot 10^3$	$5,2 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$

Из таблицы видно, что основной показатель процесса погружения - осадка свай за рабочий цикл зависит от величины энергии, передаваемой свае. Наибольшей энергоёмкостью обладает вибрационный процесс погружения, а при вибровдавливании и виброударном процессе энергозатраты меньше, но они так же велики по сравнению с ударным методом и вдавливанием, при котором энергозатраты наименьшие. Проведенные автором аналитические и экспериментальные исследования позволили разработать методику расчета времени погружения свай, провести сравнение погружающей способности различных рабочих органов, получить сравнительные данные энергоёмкости процессов погружения свай. При решении задач использовалось уравнение энергетического баланса системы «рабочий орган-свая-грунт» и допущение, что приращение сопротивления свай пропорционально энергии, затраченной на пластическое деформирование грунта, а также волновая теория ударного процесса погружения свай.

Итак, проведенный выше анализ показал, что при исследовании сваепогружающих устройств применяются аналитический, экспериментальный и аналитико-экспериментальный методы и наиболее предпочтительней является последний. При этом представляется целесообразным не ограничиваться определением кинематических и динамических характеристик, а довести исследования до определения основных выходных показателей машин. Наличие этих показателей обеспечивает возможность оптимизации конструктивных, силовых и энергетических параметров, разработку экспериментального образца и его экспериментальную проверку в оптимальной области с дальнейшей разработкой методики инженерного расчета и технических условий на проектирование опытного промышленного образца.

Литература

1. Клебанов Г.Я. Исследование цилиндро-поршневой группы дизель-молота специального назначения с целью повышения его эффективности. Дисс. канд. техн. наук 1972.
2. Клебанов Г.Я. Исследование энергетического баланса и динамики системы «молот-свая-грунт» ВНИИСтройДорМаш.-М., 1971 92с
3. Дмитриевич Ю.В., Рязанцев Г.П. Экспериментальные исследования гидромолота двойного действия с энергией удара 2000 кгм Стройдормаш. 52 М. 1971.
4. Гончаров Б.В. Технология и механизация свайных работ в массовом строительстве. Дисс.докт. техн. наук 1968.

Лазуткина Н.А., Лазуткин С.Л.

*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: lslmurom62@yandex.ru*

Влияние силы сопротивления грунта погружению свай

Погружение сваи сопровождается изменением природного состава грунта, вызванного его вытеснением и образованием вокруг сваи и ниже ее подошвы деформируемой зоны. Сила сопротивления грунта при погружении в значительной мере определяется силами трения по боковой и торцевой поверхностям сваи, которые, в свою очередь, зависят от прочности грунта. Согласно СНиП, прочность грунта характеризуется показателем, положительной особенностью которого является то, что он находится в тесной корреляционной связи с такими важными физическими характеристиками грунта, как: пористость, объёмный вес, коэффициент структурной прочности и др. Поэтому эта величина принята в качестве основного фактора влияния грунта на сопротивление погружения сваи. Силы сопротивления R_i , забивной сваи работающей на сжимающую нагрузку, определяется по формуле

$$R_i = m(m_R R_H F + u \sum m_f f_i l_i),$$

где m – коэффициент условной работы силы в грунте, принимаемый $m=1$;

R_H - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, тс/м², определяемое по СНиПам

F -площадь поперечного сечения сваи; м²

u -наружный периметр поперечного сечения сваи, м;

f_i -расчетное сопротивление i -го слоя грунта на боковой поверхности сваи, тс/м², определяемой по СНиПам

l_i -толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью, м;

m_f и m_R -коэффициенты условий работы грунта, соответственно под нижним концом и на боковой поверхности свай, учитывающее влияние способа погружения сваи на расчетное сопротивление грунта, определяемые по таблицам и принимаемые независимо друг от друга.

Значение величины, входящих в эту формулу получены в результате статических испытаний, проводимых с целью определения несущей способности свай после их погружения на расчетную глубину.

Анализ литературных источников показал, что получить аналитическую зависимость, описывающую силу сопротивления, при погружении сваи с учетом различных видов и свойств грунтов, не представляется возможным. Поэтому для определения характера изменения силы сопротивления грунта, в процессе погружения сваи, использовались данные пробной забивки десяти свай сечением 30*30 см в однородный глинистый грунт. По результатам пробной забивки изменение силы сопротивления грунта в течение одного удара на начальной стадии забивки не превышает 3-7%. В конце забивки это изменение не превышает 0,5-2%, что позволяет с достаточной для инженерных расчетов точностью принять силу сопротивления продвижению сваи в грунт в течение одного импульса постоянной. Это обстоятельство учитывалось в дальнейшем при разработке и исследовании математической модели взаимодействия системы «погружатель-свая-грунт».

Литвиненко Г.М., Клименков И.И.

*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: grishalit@gmail.com*

Упрочнение профильного проката

Металлопрокат является основой нормального функционирования промышленности. Металлургический прокат широко применяемый в современной промышленности и строительстве – это продукция, которую получают путем холодной или горячей прокатки на прокатных станах. Наиболее распространены следующие изделия сортового проката: балки и железнодорожные рельсы, швеллеры, катанки, различные металлические профили, арматура.

От механических свойств применяемого проката во многом зависит прочность и долговечность металлических конструкций. Особенно важно обеспечение высокой прочности проката (металлические балки, швеллер, уголок и др.), используемого для крепления каркасных металлических конструкций, испытывающих высокие нагрузки при эксплуатации. Для повышения прочностных характеристик проката могут использоваться различные способы упрочнения.

Одним из наиболее перспективных способов упрочнения металлических изделий является поверхностное пластическое деформирование, которое позволяет повышать твердость и создавать сжимающие остаточные напряжения благоприятно влияющие на повышение усталостной прочности, что особенно важно при использовании профильного проката для крепления деталей в конструкциях работающих в условиях вибрации.

Достаточно успешно для упрочнения профильных поверхностей деталей применяется упрочнение дробью: дробеструйная обработка и виброударная обработка.

Дробеструйная обработка металла – это одна из наиболее популярных механических технологий, заключающаяся в том, что поверхность металла обрабатывается при помощи разгоняемой потоком газа или жидкости дроби. Дробеструйная обработка способствует образованию упрочненного слоя глубиной до 1-1,5 мм со степенью упрочнения 20-40% и сжимающими остаточными напряжениями 200-1000 МПа.

Виброударная обработка – метод, осуществляемый соударением частиц обрабатывающей среды в виде стальных закаленных шаров, роликов, абразивной среды и др. с поверхностью обрабатываемых деталей, помещенных в вибрирующую рабочую камеру.

В процессе виброударной обработки происходит уменьшение шероховатости поверхности до 0,2 мкм по Ra, повышение степени упрочнения на 20-60 % на глубине 0,1-0,5 мм и более, образование в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений, скругление острых кромок, удаление заусенцев, уменьшение или ликвидация концентраторов, выравнивание остаточных напряжений по сечению детали [1].

Основными достоинствами упрочнения дробью являются возможность обрабатывать труднодоступные элементы деталей, возможность местного упрочнения отдельных участков детали, подверженных наибольшему нагружению, относительная простота технологии и применяемого оборудования. Недостатками являются большая нестабильность режимов упрочнения из-за малой точности диаметра дроби, быстрого ее износа, износа сопел.

Для упрочнения профильного проката может использоваться статико-импульсная обработка – способ деформационного упрочнения, заключающийся в периодическом импульсном воздействии на нагружаемую поверхность пролонгированными ударными импульсами, генерируемыми при ударах бойком через статически нагруженный волновод. Упрочнение статико-импульсной обработкой позволяет получать глубокий упрочненный поверхностный слой до достигающий 6-8 мм и степень упрочнения, в зависимости от упрочняемого материала, до 100-150 %, сжимающие напряжения до 1200 МПа [2].

Для того чтобы определить эффективность применения упрочняющей обработки уже на стадии проектирования детали достаточно успешно применяется моделирование в специализированных программах продукта.

SolidWorks это программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства, обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения. При помощи пакета Solidworks Simulation делается статический анализ деталей и сборок, анализ усталости, проверка собственных частот и оптимизация формы изделия. Существует возможность определить количество циклов, которое сможет выдержать деталь и рассчитать форму при которой будет использовано наименьшее количество материала при производстве.

Применение моделирования условий эксплуатации металлического профильного проката в SolidWorks позволяет значительно упростить задачу технолога при назначении не только способа упрочняющей обработки, но и режимов упрочнения.

Литература

1. Бабичев А.П., Бабичев И.А. Основы вибрационной технологии. - Ростов-на-Дону: Изд. центр ДГТУ, 2008, - 693 с.
2. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием. Библиотека технолога. М.: Машиностроение, 2004. – 288 с.

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.

Силантьев С.А., Бубнов Д.А., Левченко К.П.

*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: ppsio@ya.ru*

Перспективы повышения эксплуатационных свойств колесных пар железнодорожного транспорта упрочнением методами ППД

Колесная пара – основной элемент ходовой части рельсового транспорта. В настоящее время ресурс цельнокатаной колесной пары тележек грузовых и пассажирских измеряется сотнями тысяч километров. Несмотря на это задача повышения надежности и эксплуатационного ресурса является актуальной, особенно при существенно возросших скоростях движения железнодорожного транспорта.

К колесным парам предъявляются высокие требования в процессе производства начиная от контроля химического состава стали в каждом разливочном ковше при плавке и заканчивая многочисленными геометрическими и механическими параметрами. Основной характеристикой колесной стали, влияющей на степень и глубину упрочнения методами поверхностного пластического деформирования является содержание углерода, находящееся в пределах 0.45-0.70%. Известно, что стали с таким содержанием углерода могут быть эффективно упрочнены методами поверхностного пластического деформирования (ППД) в холодном состоянии, при этом увеличение твердости составляет до 50-70%.

Существующий технологический процесс изготовления колес предполагает использование финишной отделочно-упрочняющей дробеструйной обработки, основной задачей которой является увеличение предела выносливости вследствие получения в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений. Обработке подвергаются поверхность диска колеса и зону перехода диска в обод и ступицу. Увеличение твердости не контролируется, степень остаточных напряжений контролируется косвенно, по результатам измерения пластины-свидетеля.

Дробеструйная обработка заключается в стохастическом соударении отдельных дробинок в струе разгоняемой газом стальной дроби с обрабатываемой поверхностью. Дробеструйная обработка относится к динамическим методам ППД. Поверхностное увеличение твердости распространяется на глубину, измеряемую десятymi долями миллиметра. Дробеструйная обработка колес производится на отдельной установке, после обточки поверхности диска колеса.

Предлагается применить вместо дробеструйной обработки дисков колес, метод обработки ППД статико-импульсной обработкой (СИО). Метод заключается в предварительном статическом нагружении инструмента силой, имеющей постоянное значение в течение всего времени обработки, и периодическом импульсном нагружении. СИО позволяет за счет управления технологическими режимами получать равномерно упрочненный слой материала с требуемой величиной остаточных сжимающих напряжений, а также степенью и глубиной увеличения твердости поверхности.

СИО предполагается объединить с токарной обточкой поверхности диска после термообработки на токарно-карусельном станке. Генератор механических импульсов необходимый для реализации СИО размещается на свободном суппорте станка. Деформирующий инструмент монтируется на статически нагруженном волноводе. В качестве инструмента предлагается использование бочкообразного ролика.

Применение СИО при изготовлении колес позволит снизить себестоимость изготовления, повысить стабильность механических свойств поверхности диска колеса. Кроме того, возможно увеличить срок службы колеса получив требуемые характеристики упрочняемой поверхности управляя процессом упрочнения.

Сулимов А.С., Баринов С.В.

*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: kamissar.murom@mail.ru*

Конечно-элементное моделирование процесса сварки

Применение электронного вычислительного оборудования, а также систем автоматизированного проектирования (САПР) все чаще находят свое применение в машиностроении. В отличие от экспериментальных методов, использование САПР для выявления и расчета аналитических зависимостей является более эффективным и перспективным. В статье представлен метод пластического упрочнения сварного шва, смоделированный в универсальной САПР ANSYS. Основное преимущество метода конечно-элементного моделирования заключается в том, что в отличие от расчетов, основанных на методах теории упругости данная методика не является громоздкой и сложной, кроме того, она позволяет определить степень упрочнения и ее распределение по всей глубине.

Для моделирования быстротечных процессов, таких как последствия ударных и прочих импульсных нагружений различной природы на проектируемые объекты, а также выработать меры по повышению стойкости к данным видам воздействий воспользуемся программой ANSYS, особенностью которой является расчет задачи нестационарной нелинейной динамики явными методами.

В решении ANSYS мы начинаем с дискретизированного домена (сетки) с заданными свойствами материала, нагрузками, ограничениями и начальными условиями. Это начальное состояние, когда оно будет интегрировано во времени, будет происходить движение в узловых точках сетки.

Расчет производится по следующему алгоритму:

- движение узловых точек вызывает деформацию элемента сетки;
- деформация приводит к изменению объема, а, следовательно, и плотности материала в каждом элементе;
- скорость деформации используется для получения скорости изменения нагрузки, с помощью различных формулировок элемента;
- с помощью определенных законов скорость изменения нагрузки преобразуется в возникающие напряжения;
- напряжения в материале преобразуется обратно в узловые силы с использованием различных формулировок элементов;
- внешние узловые силы вычисляются из нагрузок, контактов (взаимодействия тел), граничных условий;
- узловые силы разделены узловой массой для создания узлового ускорения;
- узловые ускорения явно интегрируются во времени для создания новых узловых скоростей;
- в свою очередь узловые скорости явно интегрируются во времени для создания новых узловых позиций;
- процесс решения (цикл) повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто определенное пользователем время.

Результаты расчета:

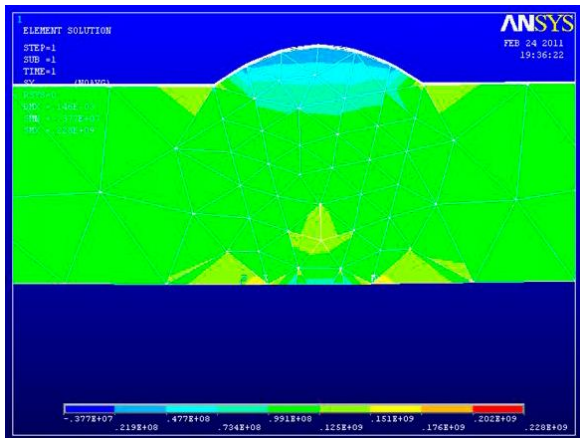


Рис. 1 – Напряжения в сварном шве до импульсных нагружений

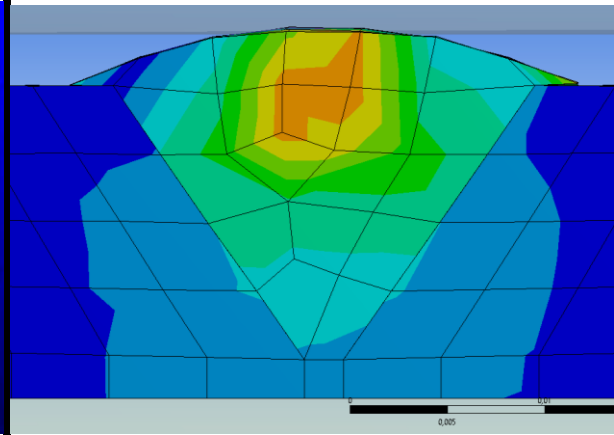


Рис. 2 – Напряжения в сварном шве после импульсных нагружений

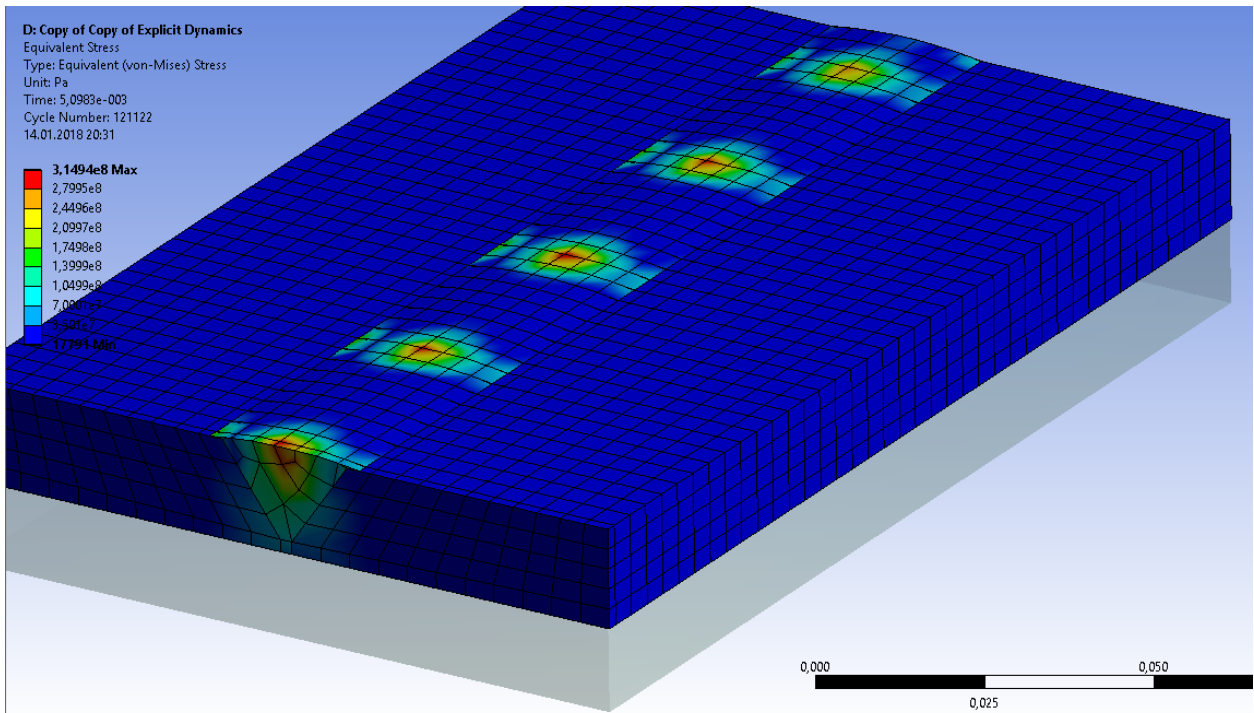


Рис .3 – Общий вид напряжений в модели.

Трусов С.Е.¹, Трусова В.С.²

¹*Муromский 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: armitr@yandex.ru

²*МБОУ СОШ №16 округа Муром*
602267, Владимирская область, г. Муром, ул. Л. Толстого, д. 40, тел: (49234). 2-21-58,
2-29-12

E-mail: sch16-murom@rambler.ru

Механическая обработка в статической жидкой среде в ювелирном производстве

Основная цель доклада - это исключение выброса мелкодисперсной стружки, что позволит снизить вероятность замыкания электрооборудования и электронной аппаратуры, а также позволит сэкономить металл. В России находятся 43 крупных ювелирных заводов. Предложения касаются технологии обработки ювелирных изделий на станках с ЧПУ: М406, СИКОНО, Ювелир4 и так далее. Принцип работы схож с работой на электроэрозионном станке, только вместо электрода применяется лезвийный инструмент. Основные операции ювелирных изделий — это гравировка, засверливание и так далее. Рассмотрим гравировку, так как она занимает большую часть операций. В настоящее время обработка заготовок происходит на воздухе с применением стружкоотсосов, и только в обработке серебра применяется этиловый спирт или керосин. Производители стружкоотсосов в характеристиках отмечают возможные потери от 2-6 %. А керосин и спирт являются легкоиспаряемыми и пожароопасными жидкостями. Был проведен эксперимент на образцах из легкообрабатываемых материалов: медных и алюминиевых сплавов. Из той же группы обработки, как золото и серебро. Особенно нас интересовал образец из алюминиевого сплава, так как была интересна обработка металла более вязкого, чем серебро. Мы знаем, что вязкость самое неприятное физическое свойство металла при обработке, поэтому в эксперименте мы ужесточили условия: вместо гравера использовали центровочное сверло с углом в плане 118 градусов, чтобы определить следы волочения и другие следы пластической деформации. Мы применили равноростную (ручную) подачу и увеличили глубину резания в 2 раза до 0,5 мм.

Рабочая жидкость - растительное масло, так как она экологична, может без проблемы вторично использоваться после фильтрации в лакокрасочном, мыловаренном производстве. Имеет отличные смазывающие свойства, но плохую теплопроводность.

Эксперимент удался. Поверхность обработки получилась качественной. Образец и видеоматериалы прикладываются.

Эта работа дает повод провести более конкретный эксперимент заинтересованной стороне (ювелирному производству) на драгоценных металлах и специальном оборудовании.

Литература

1. Малиновский Г.Т. Масляные смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием М. Химия, 1988
2. Марченков В.И. Ювелирное дело М. Высшая школа, 1992

Шпаков П.С.

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: spsp01@rambler.ru

Решение позиционных и метрических задач в КОМПАС 3D

В статье рассматривается возможность использование электронных технологий в учебном курсе «Начертательная геометрия и инженерная графика».

На рис. 1 представлен пример выполнения индивидуального графического задания для решения позиционной задачи (нахождение точки пересечения прямой и плоскости) и метрических задач (определение размеров отрезка и площади треугольника), оформленного с помощью КОМПАС 3D. Исходные данные были приняты как в работе [1] (рис.1,Б). При решении совокупности задач студенты вначале изучают алгоритмы начертательной геометрии.

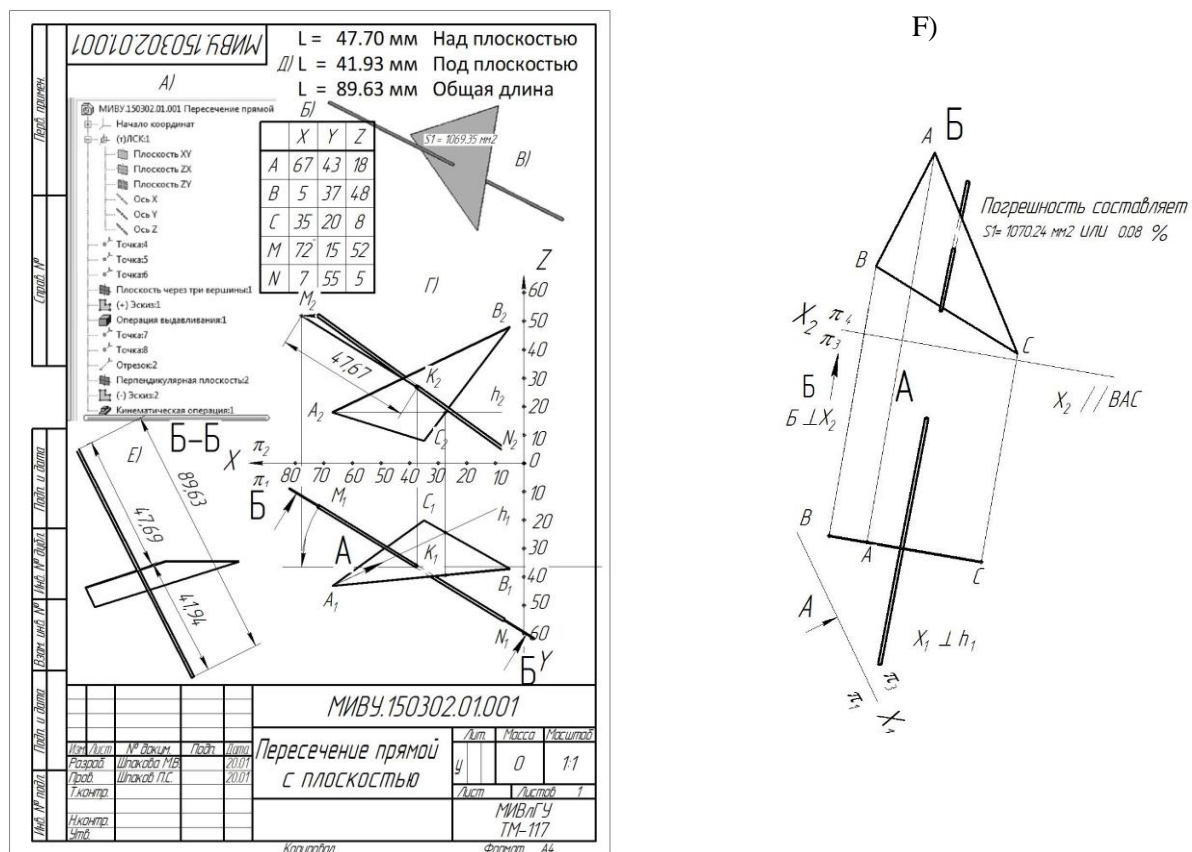


Рис.1. Решение позиционных и метрических задач в КОМПАС 3D

В качестве инструмента для решения метрических и позиционных задач предложена система автоматизированного проектирования КОМПАС-3D. Рассмотрены вопросы создания двумерных чертежей исходя из современных методов трехмерного моделирования и создания ассоциативных чертежей.

Начертательная геометрия — это общепрофессиональная дисциплина, основа для изучения и понимания дисциплины инженерной графики, навыков пространственного мышления.

Использование современных информационных технологий в начертательной геометрии позволяет студентам выполнять графические построения с помощью компьютерных программ быстрее и качественнее, чем традиционными чертежными инструментами.

Обучение начертательной геометрии в системе КОМПАС 3D очень удобна, так как информационная среда этой системы позволяет объединить плоский чертеж с моделью детали и различные графические документы, которые могут быть связаны ассоциативно.

При использовании графического пакета КОМПАС-3D при решении задач начертательной геометрии и инженерной графики, как и любого другого графического пакета, возникает проблема связанная с несоответствием систем координат (рис. 2).

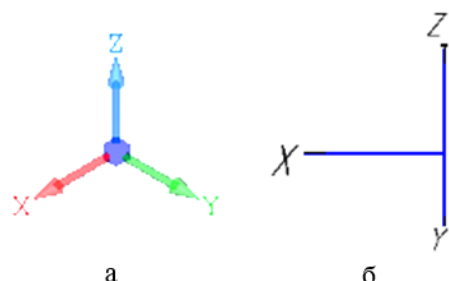


Рис.2. Ориентация координатных осей и плоскостей проекций: а — в системе КОМПАС-3D; б — по ГОСТ2.317-69

В КОМПАС-3D используется правая декартова система координат. (Система координат называется правой, если из конца третьего орта z поворот от первого орта i ко второму орту j в видеу происходящим против хода стрелки часов).

Начало абсолютной системы координат, задаваемых системой по умолчанию, всегда находится в левом нижнем углу формата, ее невозможно удалить или переместить в пространстве (рис.2а). В начертательной геометрии используется система по ГОСТ2.317-69 (рис.2б).

Нами доказано, что можно получить полное соответствия системы координат начертательной геометрии ГОСТ2.317-69 и системы координат Компас 3D.

Для этого, перед созданием модели, необходимо создать локальную систему координат (ЛКС) при следующих условиях, необходимо поменять направлении оси X на противоположное (рис. 1, А и рис.3). При этом при создании ассоциативного чертежа в качестве главного вида выводить вид снизу (рис.3). В этом случае мы получаем систему координат полностью совпадающую с системой координат начертательной геометрии (ГОСТ2.317-69). Все трудности успешно преодолены.

Локальная система координат, изменено направление оси X			
Глобальная система	Исправленная глобальная система	Главный вид	
		Вид снизу	

Рис. 3. Преобразованная локальная система координат

На рис.1 показано решение позиционной задачи (нахождение точки пересечения прямой и плоскости) и метрических задач (определение размеров отрезка и площади треугольника).

Алгоритм решения следующий:

- строится преобразованная локальная система координат (ЛСК1) с измененным направлением оси X (рис.1, А);
 - в новой системе координат по исходным данным (рис.1, Б) строится модель (рис.1, В);
 - по модели создается ассоциативный чертеж по описанной выше методике (рис.1, Г).
- Чертеж (рис.1, Г) полностью совпадает с чертежом построенным в 2D по законам начертательной геометрии [1];

- по объемной модели определяем площадь треугольника ABC, и длины отрезков МК над плоскостью и НК под плоскостью и длину всего отрезка MN. При этом никаких вычислений не делаем, все получаем автоматически (рис.1, D);

- длины этих отрезков можно получить из чертежа (рис.1, Г), для лучшего усвоения материала, для этого делаем разрез по линии Б-Б, все результаты на чертеже (рис.1, Е), или методом вращения отрезка MN вокруг точки К (рис 1, Г);

- площадь треугольника ABC получаем решением замены плоскости проекций дважды (рис.1, F);

- используя модель (рис.1, В) и ассоциативный чертеж (рис.1, Г) легко получить площадь треугольника ABC, Возьмем направление взгляда по стрелке А, затем по взгляду Б, мы получим сразу готовое решение (рис. 1, F).

Рис. 1 показывает насколько производительней и наглядней пользоваться объемной моделью. Если есть модель, то все остальные позиционные и метрические задачи решаются автоматически.

Студент начинает понимать, что он осваивает современные методы графического представления технической информации, что приводит к повышению мотивации изучения начертательной геометрии.

Объяснение преподавателем алгоритмов решения позиционных и метрических задач непосредственно в среде КОМПАС-3d позволяет значительно лучше понимать суть предмета.

Практика использования КОМПАС 3D в процессе обучения начертательной геометрии показала, что студенты значительно лучше понимают содержательную часть предмета и формирует устойчивые навыки применения современных информационных технологий для решения производственных задач.

Литература

1. Вольхин К. А. , Астахова Т. А. Использование Информационных технологий в курсе Начертательной геометрии. Опыт применения информационных технологий в учебном процессе. Омский научный опыт применения информационных технологий в учебном процессе вестник № 2 (110) 2012. С.282-286.

Юнаков Ю.Л., Патачаков И.В., Фуртак А.А.
 Сибирский Федеральный университета.
 Институт горного дела геологии и геотехнологий
 660025, г. Красноярск, пр. Вузовский, 3, ауд. 417 а.
 E-mail: JJunakov@sfu-kras.ru

Оценка устойчивости борта карьера Горевского Гока

В условиях Горевского ГОКа, борта которого сложены в основном скальными и полускальными породами, основными причинами образования оползней могут быть:

- большая крутизна откосов уступов и бортов карьеров, несоответствующая прочностным и деформационным свойствам массива горных пород;
- ослабление прочности пород вследствие изменения их физического состояния при увлажнении, выветривании, нарушении естественного сложения и т.д., а также в связи с развитием в породах явления ползучести;
- изменение напряженного состояния горных пород в прибортовой зоне в процессе дальнейшей углубки карьера в результате разгрузки массива;
- дополнительная пригрузка откосов, либо участков, прилегающих к их бровкам и др.;
- структурно-тектонические особенности горного массива;
- физико-механические свойства трещиноватого массива;
- технология ведения буровзрывных работ.

В практике наиболее часто отмечается совместное воздействие нескольких причин на нарушение устойчивости откосов, когда вследствие действующих в природе законов связей при развитии одних геологических процессов и явлений неизбежно возникают и развиваются другие [1]. Намеченная реконструкция борта карьера (рис.1) обусловила детальное его изучение.

Геологический разрез по Р.Л.3

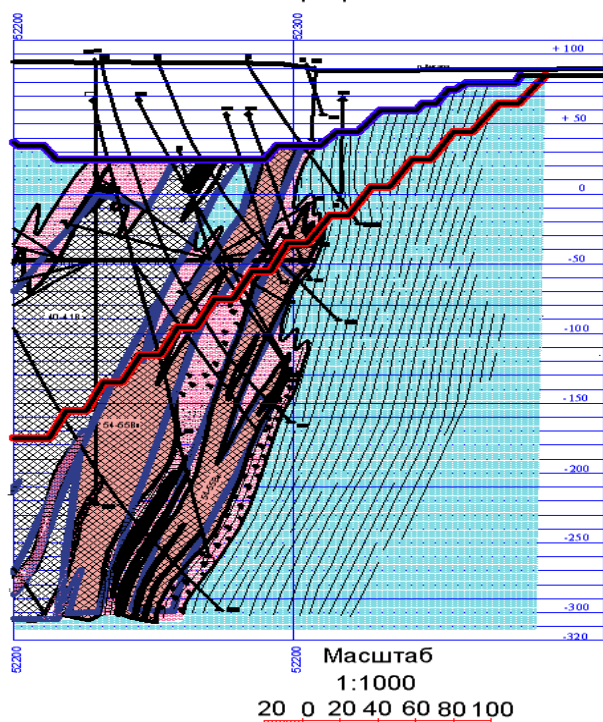


Рис. 1.. Геологический разрез по Р.Л. 3-3 (схема)

Анализ результатов фактических углов уступов бортов карьера показал, что дифференциация значений углов уступов имеет место, как по площади, так и с глубиной (по трем уступам). Она может быть связана как с элементами простирания общей структуры месторождения, так и элементами залегания отдельных пачек пород. Не меньшее влияние на

величину угла откоса уступа оказывает и степень выветрелости той или иной разновидности пород. Характеризуя углы откосов уступов С-3 и Ю-В рабочих бортов карьера, необходимо отметить, что эти борта карьера ориентированы вкрест простирания общей структуре месторождения, и элементам залегания непосредственно рудовмещающих пород. Сложены эти борта наиболее прочными сидеритовыми и кварц-сидеритовыми породами, и преимущественно свинцовыми рудами. прибортовой массив не находится в предельном состоянии (рис.1).

Угол откоса всех трех уступов в пределах С-3 и Ю-В бортов карьера в основном равен 50-60°, иногда снижаясь по первому уступу до 40° из-за процессов выветривания кварц-сидеритовых пород. Здесь мощность выветрелых пород невелика.

При постановке на проектный контур, глубина карьера значительно увеличится, угол откоса борта будет составлять 40-42, высота уступа 20м, а угол откоса 65, эти параметры инициируют необходимость определения устойчивых параметров откосов уступов и бортов карьера.

Основными характеристиками физико-механических свойств пород, используемыми при расчетах устойчивости карьерных откосов, являются плотность пород γ , угол внутреннего трения φ и сцепление c .

Нами на кафедре маркшейдерского дела СФУ, произведено обоснование расчетных показателей физико-механических свойств пород в массиве. Основной информацией при оценке степени устойчивости уступов и бортов карьеров являются физико-механические свойства горных пород и структурно-тектонические особенности прибортовых массивов, которые определяют напряженное состояние откосов, возникающее под влиянием внутренних и внешних сил. Основными показателями физико-механических свойств горных пород являются плотность γ , сопротивление сжатию $\sigma_{сж}$ и разрыву σ_p , сцепление c , угол внутреннего трения φ массива и породных контактов c' и φ' .

Расчет устойчивости изотропных откосов производится по средневзвешенным физико-механическим характеристикам, определяемым по формулам:

$$c_{cp} = \frac{\sum c_i l_i}{\sum l_i}; \quad \varphi_{cp} = \arctg \frac{\sum tg \varphi_i l_i}{\sum l_i}; \quad \gamma_{cp} = \frac{\sum \gamma_i h_i}{\sum h_i},$$

где c_i , φ_i , γ_i , - сцепление, МПа, угол внутреннего трения, градус и плотность, т/м³ каждого слоя;

l_i - длина поверхности скольжения в данном слое, м;

h_i - мощность слоев, слагающих откос, м.

Результаты для расчетов проектного борта карьера следующие: $H=260$ м; $\alpha=45^\circ$; средневзвешенные физико-механические характеристики пород прибортового массива составили: $\varphi=30^\circ$; $c=40$ т/м²; $\gamma=2,7$ т/м³.

Для этих физико-механических показателей выполняем поверочные расчеты численно – аналитическим методом профессора П.С.Шпакова [1.2].

В результате решения по перечисленным программам на печать выдаются параметры предельного откоса (либо откоса с заданным коэффициентом запаса устойчивости), а также информация, необходимая для построения контура предельного откоса и поверхности скольжения, и графики зависимостей $H(B) = f(\alpha, c, \gamma, n, \varphi)$ с таблицей их значений.

Расчеты показали, что проектный борт карьера высотой $H=260$ м и углом наклона $\alpha=45^\circ$ при средневзвешенные физико-механические характеристики пород прибортового массива $\varphi=30^\circ$; $c=40$ т/м²; $\gamma=2,7$ т/м³ будет иметь коэффициент запаса устойчивости $n=1,22$, т.е не будет отвечать требованиям инструкции по безопасности ВНИМИ, требующий чтобы борт карьера находился с $n=1.3$.

Для окончательного вывода были сделаны расчеты зависимости коэффициента запаса устойчивости от угла наклона при постоянной проектной высоте (рис.2) и высоты откоса при постоянном проектном угле откоса (рис.3).

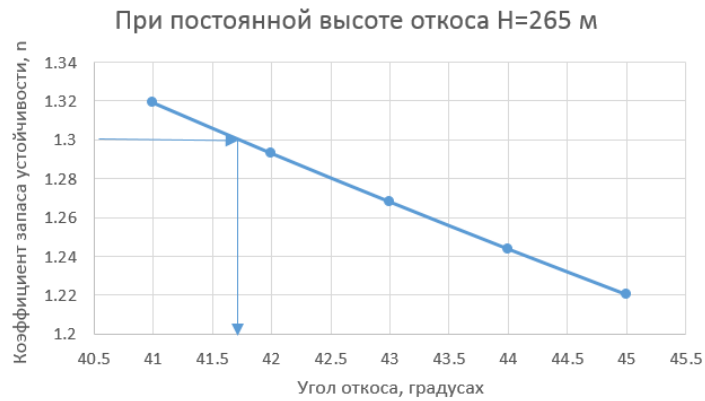


Рис.2. Зависимость коэффициента запаса устойчивости от угла наклона откоса

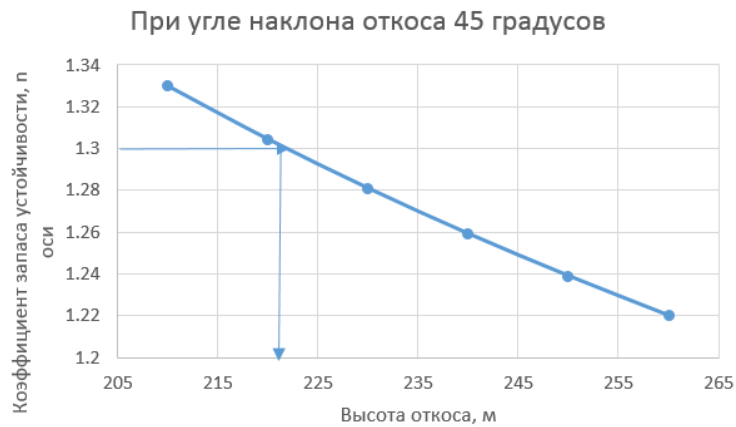


Рис.3. Зависимость коэффициента запаса устойчивости от высоты откоса

Таким образом, согласно расчетам (рис.1,2), для того чтобы проектный контур откоса борта карьера находился с $n=1.3$, необходимо, либо уменьшить высоту проектного контура до $H=221$ м не изменяя проектный угол или уменьшить угол наклона откоса до $\alpha=41,75^\circ$ не изменяя проектной высоты откоса $H=260$ м.

Литература

1. Попов В. Н., Шпаков П. С., Юнаков Ю. Л. Управление устойчивостью карьерных откосов :учеб. для вузов. – М. : Горная книга, 2008. – 683 с.
2. Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л., Шпакова М.В. Расчет устойчивости карьерных откосов по программе STABILITY ANALYSIS. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 8. С. 56-63.

Яшков В.А.

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
zirjd@mail.ru

Алгоритм проектирования сборного шлифовального круга

Проектирование сборного инструмента представляет собой последовательность подбора и расчета геометрических и технологических элементов, зависящих от требований к качеству детали [1], [5].

Алгоритм проектирования, представленный на рисунке 1 определяется следующей последовательностью [2].

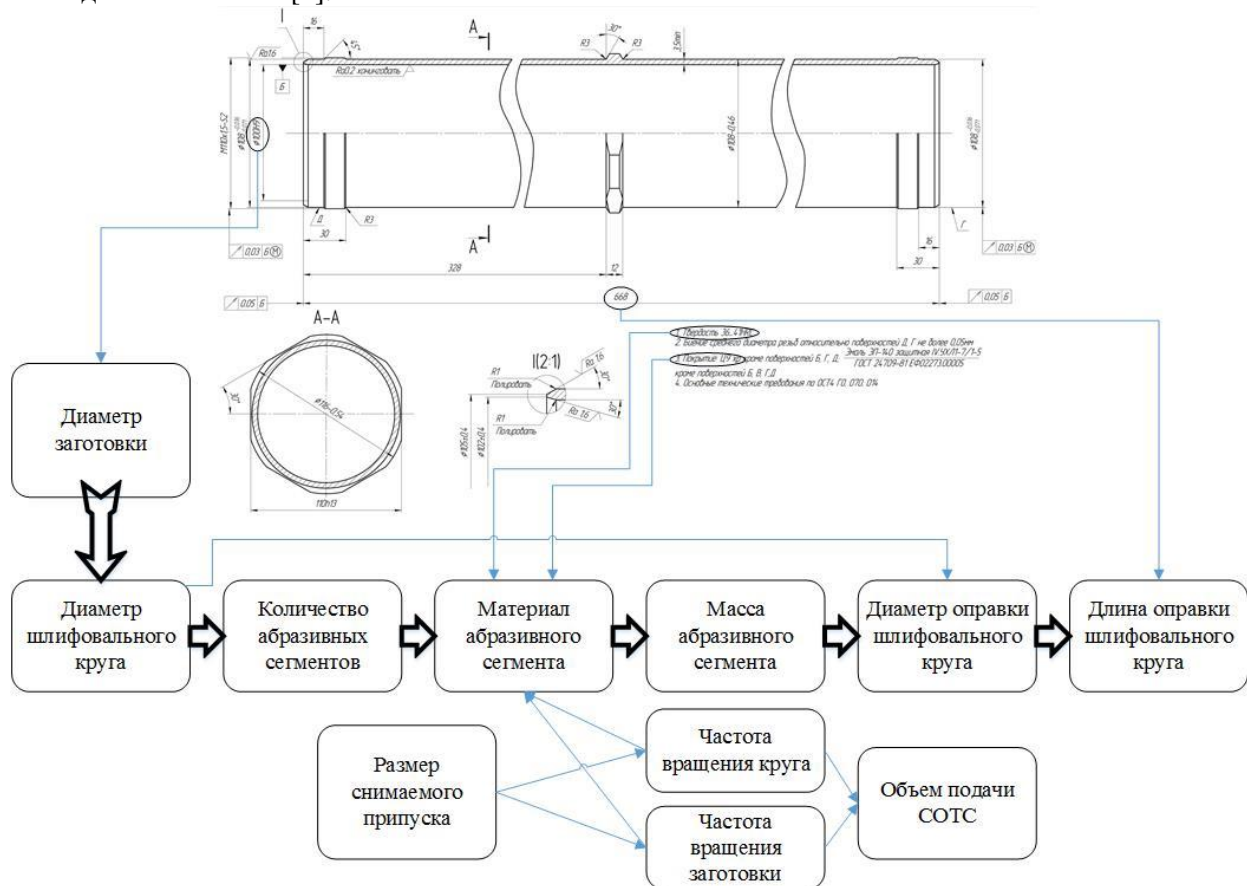


Рис. 1 – Алгоритм проектирования сборного шлифовального круга с радиально подвижными абразивными сегментами

1. Во-первых, определяют корпусную часть сборного абразивного круга.
 - а. Диаметр корпуса абразивного круга, подбирают исходя из значения диаметра заготовки детали.
 - б. Размеры гнезда для установки абразивных сегментов определяют исходя из значения диаметра корпуса абразивного круга.
 - с. Радиус поверхности корпуса направляющей поток СОТС в зону обработки рассчитывают на основании значения диаметра корпуса абразивного круга и количества установленных абразивных сегментов.
2. Во-вторых, определяют рабочую часть, сборного абразивного инструмента.
 - а. Количество устанавливаемых абразивных сегментов, зависит от диаметра круга. С увеличением количества абразивных сегментов увеличивается площадь контакта абразивного

материала с обрабатываемой поверхностью, что приводит к повышению производительности процесса шлифования.

б. Выбор материала абразивного сегмента, обуславливается рядом факторов, зависящих от заготовки и показателей качества обрабатываемой поверхности.

с. Для установки абразивного сегмента в корпусе круга используется специальная обойма. Геометрические размеры обоймы зависят от размеров установочных гнезд, определённых на предшествующем этапе. Закрепление абразивного сегмента в обойме осуществляется с помощью штифта (вершина Y_{15} в графе Γ_2), стопора (вершина Y_{14} в графе Γ_2) и упругой прокладки (вершина Y_{13} в графе Γ_2).

д. Для регулирования силы резания при шлифовании на рабочей части сборного абразивного инструмента устанавливаются дополнительные грузики.

3. Для установки сборного шлифовального круга на станке разрабатывают крепежную часть инструмента.

а. Сборный шлифовальный круг закрепляется на шейке хвостовика, определяемой диаметром и ее длиной, зависящей от длины обрабатываемой детали.

б. Установка инструмента в шпиндель станка осуществляется с помощью конуса морзе.

Применение представленного алгоритма проектирования в соответствии с современными условиями на рынке позволит в кратчайшие сроки разрабатывать и производить сборный абразивный инструмент с учетом конкретных требований заказчика.

Литература

1. А.С РФ № 2182531. МПК В24В1/00 Способ внутреннего шлифования / Д.Р. Блурцян. – Б.И., 2000.

2. Яшков В.А. Повышение эффективности работы сборного абразивного инструмента для внутреннего шлифования путем интенсификации действия СОТС в зоне обработки // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва 2016 г.

3. Яшков В.А., Гречишников В.А., Албагачиев А.Ю., Исаев А.В., Пивкин П.М., Романов В.Б. Модернизация сборного абразивного круга с радиально-подвижными сегментами для внутреннего шлифования полых деталей роботов // Вестник МГТУ СТАНКИН. 2015. № 4 (35). С. 8-14.

4. Яшков В.А., Гречишников В.А. Модернизация сборного абразивного круга с радиально подвижными абразивными сегментами для внутреннего шлифования // В сборнике: Безопасность и проектирование конструкций в машиностроении. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор: Разумов М.С.. 2015. С. 140-144.

5. Yashkov V.A. On the need to increase pressure and flow rate SCTE in the grinding zone // Applied Mechanics and Materials, 2015, Vol. 756, pp. 3-7

6. Yashkov V.A., Silin L.V. Internal grinding without thermal effects // Russian Engineering Research. 2012. Т. 32. № 7-8. С. 601-603.