

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»**

16+
ISSN 2071-6168

**ИЗВЕСТИЯ
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Выпуск 4

**Тула
Издательство ТулГУ
2018**

The problem of rotational shell orthotropic thermoelasticity is discussed, whose material's physical and mechanical characteristics are functions of heating temperature. The basis for the calculations is the parabolic law of tensions tangents distribution to the thickness of the shell. The solution of received systems of differential equations is carried out by the method of discrete ortogonalisation, which brings the task numerical solution to sustainable calculating process. Analysis of considered numerical examples was made.

Key words: heat-sensitive shell; elasticity modulus; shift rigidity; numerical method.

Bakhshinyan Ruben Mushegovich, candidate of physical and mathematical sciences, docent, brm010@mail.ru, Russia, Togliatti, Volga Region State University of Service

УДК.628.3

ВЛИЯНИЕ МЕДИ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.А. Нестер

Рассмотрено современное состояние добычи медных руд и производства меди в Украине. Коротко изложены основные аспекты негативного влияния отходов производства плат и гальваники на окружающую среду. Во избежание накопления шламов на территории машиностроительных предприятий предлагается использовать технологию регенерации отработанных растворов травления, при которой выделенный металл используется в качестве вторичного сырья для производства меди, а регенерируемый раствор повторно используется для травления печатных плат.

Ключевые слова: медь, основной аспект, сточные воды, печатные платы, регенерация, негативный.

Сегодня едва ли не наибольшее негативное влияние на окружающую среду среди всех отраслей промышленности оказывает добыча полезных ископаемых. Деятельность предприятий добывающей отрасли является постоянным источником техногенной опасности возникновения аварий, которые нередко создают чрезвычайные ситуации и загрязняют естественную среду. При этих условиях особенный вес приобретает соблюдение предприятиями требований действующего законодательства и мер экологической безопасности [1]. Для добычи руды открытым способом необходимо выполнить вскрышные работы с перемещением большого количества почв и других пород. Так, например, если 20 – 25 лет назад предельный коэффициент вскрышных работ принимался в размере 2...4 м³/т, то в настоящее время при разработке месторождений со скальными горными породами он достигает 5...10 м³/т, а при разработке пологопадающих месторождений с мягкими покрывающими породами – 20...25 м³/т. В настоящее время открытая разработка залежей полезных ископаемых может выполняться на глубинах до 250 м. Эти большие массы, которые нужно переместить, уложить, свидетельствуют о значительных затратах труда и материальных затратах [2].

Природоохранная деятельность в сфере использования недр регламентируется среди других законами государства, который определяет такие основные требования к проведению горных работ: обеспечение безопасного проведения горных работ; рациональная добыча, использование полезных ископаемых и охрана недр [2].

Анализ патентной и научно-технической литературы показал, что вопросами выделения меди из отработанных водных растворов вплотную не занимаются. Известны лишь теоретические работы, в которых анализируются вопросы влияния сточных вод на состояние окружающей среды [1].

В Украине, Белоруссии и других странах есть острая потребность в меди, которая используется очень широко в электротехнической промышленности и других отраслях. В то же время в Украине неизвестны разведанные месторождения медных руд. Перспективные и прогнозные ресурсы медных руд оценены в Волынском регионе, на Донбассе и в Днепроовско-Донецкой впадине в пределах Украинского щита в Средне-Приднепровском и Волынском регионах. Общие ресурсы руд Волынского района со средним содержанием меди 1,0 % оцениваются в 28 млн т металла. Все изложенное свидетельствует о недостатке залежей медных руд в Украине. Ежегодные потребности Украины в этом металле составляют приблизительно 120...140 тысяч тонн, двадцать процентов из которых обеспечиваются собственным медным утилем, а остальные потребности в виде черновой меди приходится завозить из соседних России и Польши [3].

Сложность и острота проблемы предопределены тем, что украинские потребители, которые остро нуждаются в меди, вынуждены закупать значительную ее часть за пределами Украины и из-за отсутствия иностранной валюты сокращать производство товаров. В то же время имеющиеся в Украине мощности производства проката меди и ее сплавов не загружены, поскольку нет медного сырья, а значительная часть медевместимого утиля и отходов по различным причинам экспортируется, невзирая на то, что экспорт проката меди и ее сплавов значительно эффективнее, чем экспорт утиля и отходов меди. На каждой тонне экспортированного проката, кроме сохранения рабочих мест, можно получать до 1000 долларов США валютной выручки дополнительно, то есть 30 – 40 млн долларов в год [3].

Технология производства цветных металлов имеет свои особенности. Существующий технологический процесс связан с низкой концентрацией цветных металлов в руде в сравнении с железной (в рудах цветных металлов – лишь несколько процентов), а также наличием в руде нескольких металлов. Например, для получения меди используют руды с содержанием основного металла в среднем 2 – 3 %. Перевозить их далеко нецелесообразно. Поэтому выплавка меди осуществляется вблизи мест добычи. Сначала медные руды обогащают и получают медный концентрат с содер-

жимым металла 35 %. Потом происходит плавка и продувка в конверторе для получения черновой меди, последний этап – очищение от примесей (рафинирование). При применении специальной технологии из медной руды можно получить и некоторые другие цветные металлы [3].

В Украине минерально-сырьевая база цветной металлургии недостаточна, и много предприятий этой отрасли работают на привозном сырье или переплавляют утиль цветных металлов. При размещении этих предприятий также учитываются потребительский, транспортный и экологический факторы. Цветная металлургия является загрязнителем окружающей среды и главным источником поступления тяжелых металлов [3].

В то же время источником пополнения ресурсов утиля цветных металлов частично может стать производство плат и гальваники, где медь используется в качестве проводникового материала и стравливается в процессе подготовки поверхности к использованию (нанесение рисунка и стравливание).

Обследования показали, что предприятиями, которые занимаются изготовлением печатных плат, сбрасывается в сточные воды целый спектр металлов – медь, железо, никель, хром и т.д. Так, при годовой односменной работе линии травления печатных плат производительностью 14 м²/ч будет изготовлено почти 28000 м² заготовок, а количество выделенного металла (меди) составит приблизительно 14 тн, что при цене 3,27 дол./кг составит 14000 кг•3,27 дол./кг=\$45000. Этот металл может быть повторно использован с учетом предложенных рекомендаций и решений. Количество металла, которое будет стравливаться при возобновлении промышленного производства плат, может составить солидную добавку к производству и поможет улучшить экологическое состояние вокруг машиностроительного производства.

Наиболее распространенным способом добычи металлических руд (в том числе медных) является открытая разработка месторождений, с помощью которой из недр выбирается свыше 2/3 всех полезных ископаемых. Это относительно дешевый способ разработки, который позволяет применять мощное и высокопродуктивное оборудование. Однако при проведении открытых работ на многие десятилетия из хозяйственного обращения изымаются огромные площади сельскохозяйственных и лесных угодий. Для доступа к месторождению из поверхности придется вынимать, перемещать и укладывать в отвалы пустые породы, объем которых в несколько раз превышает объем добытого полезного ископаемого [3].

Второй по значению способ разработки месторождений – подземный, на часть которого приходится около 20 % добычи железа, до 45 % добычи меди, до 70 % цинка, до 75 % олова и свинца, 100 % вольфрама. Расходы на добычу руды при подземной разработке месторождений заметно больше, чем при открытом способе. Однако он ведется на месторождениях, которые экономически нецелесообразно или технически невозможно разрабатывать открытым способом.

В связи с первоочередным истощением легкодоступных запасов металлических руд глубина разработок постепенно растет, увеличивая себестоимость подземной добычи. Тенденция увеличения глубины разработок прослеживается во всем мире. В Канаде добыча руд, которые содержат золото, медь, никель, ведут на глубинах 1800 – 2600 м, в США меди и золота – на глубинах 1700 – 3000 м, в Индии золото достают из глубины 3500 м. В Южно-Африканской Республике разрабатывается самое глубокое в мире месторождение, где работы ведутся на глубине свыше 4000 м. Подземная разработка месторождений в ряде случаев позволяет полностью сохранить земную поверхность, что обеспечивает значительное преимущество перед открытыми горными работами [3].

В то же время часть необходимого медного сырья можно получить не из недр, а с помощью очистки сточных вод производства плат и гальваники. Как показали результаты исследований, удаленная из сточных вод медь отвечает требованиям, которые позволяют использовать ее в дальнейшем для переплавки или для металлизации подложек при соответствующих технологических процессах [4].

На сегодняшнее время наиболее распространенные реагентные технологии исключения металлов из воды не обеспечивают необходимую эффективность очистки воды для ее повторного использования, приводят к образованию и накоплению токсичных шламов, которые продолжают накапливаться на территориях как действующих предприятий прежнего СССР, так и заново образованных. Не решенным остается вопрос утилизации регенерационных растворов, которые образуются при применении ионообменных технологий и которые позволяют создавать замкнутые системы водопользования в гальванических производствах [4].

Учитывая факт создания оборудования, которое представляется экологически безопасным и энергосберегающим, можно оценить, как обеспечиваются экономические показатели созданного на основе данного исследования оборудования. При этом должны учитываться конкретные параметры установок, которые создают возможность повторного использования водных растворов без сброса на очистные сооружения как предприятия, так и города. При определении экономической целесообразности должны выходить из критерия уменьшения нанесения вреда окружающей среде.

Расчет экономической эффективности от внедрения нового оборудования будет проводиться на годовую программу производства заготовок. Себестоимость годового выпуска продукции по проектируемому варианту будет состоять из следующих элементов:

$$C_2 = (C_1 - C_M - C_B + K_3 \cdot E_n), \quad (1)$$

где C_M – стоимость выделенного металла; C_B – стоимость сэкономленной воды; K_3 – капитальные расходы на дополнительное оборудование; E_n – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности.

Расчет проведен из условия годовой программы работы оборудования. Экономический эффект от внедрения нового оборудования стоимостью \$17000 составит в долларовом эквиваленте **\$63000**. То есть внедрение новой технологии очистки сточных вод только одной установкой может принести экономический эффект, улучшить состояние окружающей среды и даст возможность реализации экологически безопасного процесса утилизации меди.

При оценке опасности для окружающей среды шлама-отходов производства плат и гальваники учитывают миграционную способность химических веществ в поверхностные и подземные воды, накопление в почве и растениях, которые выражают через растворимость химических соединений в воде. Токсичность отходов характеризуется предельно допустимой концентрацией (ГДК) веществ в почве и их содержанием в общей массе шлама [5]. Индекс опасности отдельного химического вещества определяется по формуле

$$K_i = \frac{ГДК_i}{(S + C_{в})_i}, \quad (2)$$

где K_i – индекс опасности; $ГДК_i$ – предельно допустимая концентрация в почве опасного химического вещества, которое содержится в отходах, мг/кг почвы; S – коэффициент растворимости химического вещества в воде; $C_{в}$ – содержание химического вещества в общей массе отходов, мг/кг; i – порядковый номер данного вещества.

Результаты расчета суммарного индекса опасности шлама до удаления медных соединений на одном из предприятий Украины представлены в табл.1.

Таблица 1
Результаты расчета суммарного индекса опасности шлама

Группа веществ	ГДК _i , мг/кг	(S + C _в) _i , мг/кг	K _i
Соединения меди	3	73,98	0,0405
		21,15	0,141

После удаления медных соединений из сточных вод (не преобразованных в шламы) суммарный индекс опасности становится практически таким, который не несет опасности (табл.2).

В случае неконтролируемого сброса отработанных травильных растворов производства плат и гальваники в окружающую естественную среду можно выделить следующие показатели опасности, которые характеризуют процесс:

- 1) химическое загрязнение среды (воздух, водоемы, почва);
- 2) повышенная заболеваемость населения, особенно молодого поколения, связанная с загрязнением окружающей естественной среды, а также возможность летальных случаев;
- 3) разрушение жилья населения, а также производственных сооружений, имущества и домов.

Таблица 2

**Результаты расчета суммарного индекса опасности шлама
производства плат и гальваники после внедрения мероприятий
удаления меди**

Группа веществ	ГДК _i , мг/кг	(S + C _B) _i , мг/кг	K _i
Соединения меди	3	0,01	300,0
		0,03	100,0

Выводы. Проблема повышения экологической безопасности территорий, поддающихся техногенной нагрузке в процессе производства плат и гальваники на машиностроительных предприятиях, требует комплексного подхода для ее решения, которое заключается в комплексе предохранительных ликвидационных мер. К ним стоит отнести технологические и управленческие мероприятия по предупреждению и снижению загрязнения окружающей среды путем применения экологически безопасных реагентов, приготовления растворов, которые позволяют уменьшить токсичность отходов.

В технологические процессы производства плат и гальваники должны включаться мероприятия по уменьшению негативного влияния отходов производства плат и гальваники на окружающую среду. Отходы, которые могут появляться в процессе машиностроительного производства, должны здесь же перерабатываться в товары для промышленности, сельского хозяйства и населения.

Таким образом, предприятиями должны разрабатываться комплексы мероприятий по обращению с отходами, среди которых могут быть наиболее экологически безопасными и экономически эффективными повторное использование отдельных составляющих, а также использование шламов с получением строительных материалов, удобрения сельскохозяйственных угодий под жестким контролем соответствующих экологических служб предприятий и государственных органов.

Список литературы

1. Нестер А.А., Рогов В.М. Регенерация сточных вод производства печатных плат // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 4. «Физика. Химия». 2015. Т. 2 (60). Вып. 1. С. 72 – 79.
2. Шилаев В.П. Основы обогащения полезных ископаемых. М.: Недра, 1986. 296 с.
3. Малькова М.Ю., Колтунов И.И., Задиранов А.Н. Металлургия черных и цветных металлов: монография. М.: Изд-во ЦКТ, 2013. 474 с.

4. Нестер А.А. Очистка сточных вод производства печатных плат: монография. Хмельницкий. Изд-во Хмельницкого национального университета, 2016. 219 с.

5. Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов I – IV групп: справочник / под общ. ред. В.А.Филова. Л.: Химия, 1988. 512 с.

Нестер Анатолий Антонович, канд. техн. наук, доц., nesteranatol111@gmail.com, Украина, Хмельницкий, Хмельницкий национальный университет

**INFLUENCE OF COPPER FROM WASTEWATER WATER
OF MACHINE-BUILDING ENTERPRISE**

A.A. Nester

The modern state with the booty of copper ores and production of copper are considered in Ukraine. The basic aspects of negative influence of wastes of production of pays and galvanic are shortly expounded on an environment. In order to avoid the accumulation of slime on territory of machine-building of enterprises it is suggested to use technology of regeneration of exhaust solutions of etch, at that the distinguished metal is used as secondary raw material for the production of copper, and the regenerated solution is repeatedly used for the etch of PCBS.

Key words: copper, basic aspects, sewer water, PCBS, regeneration, negative.

Nester Anatoliy Antonovich. candidate of technical sciences, docent, nesteranatol111@gmail.com, Ukraine, Khmelnytsk, Khmelnytsky National University

УДК 621.83

**МАРШРУТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗУБООБРАБОТКИ ВЕНЦА
ШЕВЕРА-ПРИКАТНИКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ
КОЛЕС С КРУГОВЫМИ ЗУБЬЯМИ**

А.А. Маликов, А.В. Сидоркин, С.Л. Рахметов

Рассматривается ряд ключевых аспектов выбора стратегии построения оптимального варианта маршрутной технологии зубообработки венца комбинированного инструмента – шевера-прикатника. Уделено существенное внимание вопросам применения эффективных процессов формообразования венца инструмента с круговым зубом применительно к условиям современного инструментального производства.

Ключевые слова: шевер-прикатник, круговые зубья, инструментальное производство, формообразование, маршрутная технология.

Процессы формообразования венцов цилиндрических колес, в частности имеющих круговые зубья (ЦККЗ), характеризуются преимущественно удалением слоя металла – припуска – путем механической лезвийной и абразивной обработки. Причем процессы, характерные для построения