

О КОНСТАНТАХ В ФИЗИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

А.М. Минаев, Л.Н. Тялина

Кафедра «Материалы и технология», ГОУ ВПО «ТГТУ», brusentsov@nnn.tstu.ru

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым

Ключевые слова и фразы: вероятность; константы; свойства конструкционных материалов; физические и технологические процессы.

Аннотация: Обсуждаются вопросы, связанные с вероятностными процессами в физике и технологии, с двойственной ролью физических явлений, на которых основаны технические и технологические решения.

Технические решения и технологические процессы основаны на определенных физических (химических) эффектах и явлениях. Фундаментальной концепцией в их понимании является вероятностная природа мира техники и технологии, которую необходимо учитывать особенно в технических направлениях науки. Это принципиально важно, когда речь идет о константах при описании каких-либо процессов и различных расчетных работах.

У многих еще со школы сохранилось мнение о том, что некоторые характеристики свойств материалов являются неизменными, то есть считаются константами. Если для школы абсолютизация констант в какой-то мере оправдана, то в технике и технологии она может стать причиной ошибочных выводов и решений.

Проиллюстрируем это на известных примерах. В учебных монографиях и официальных справочниках указываются свойства конструкционных материалов такие как твердость (НВ), предел прочности (σ_b) и др., которые используются в прочностных расчетах деталей машин и конструкций. Так например сталь 20 имеет твердость 120 НВ. При входном контроле поступающей на предприятие стали проводятся несколько измерений твердости на образцах полученной стали. При этом всегда обнаруживается заметная дисперсия в значениях твердости в одном и том же образце. Обычно это связывается с погрешностями твердомера, хотя погрешность прибора меньше тех отклонений, которые наблюдаются при измерении твердости. Естественно, что у работников нередко возникает трудно разрешимый вопрос: «Как же так, с одной стороны, утверждается, что твердость является константой данного материала, а, с другой стороны, на практике оказывается, что это не так». Все становится на свои места, если за абстракцией (твердость, прочность) видеть физическое содержание. Здесь полезно напомнить, что все явления, а значит и их характеристики-константы, подчиняются статистическим (вероятностным) законам. По этой причине даже в одном образце наблюдается неоднородность химического состава и структуры, которая приводит к неоднородности распределения свойств по объему испытываемого образца. Теперь твер-

дость материала приобретает более глубокое содержание. По твердости можно определить не только химический состав (содержание углерода), марку стали и прочностные характеристики (σ_B , $\sigma_{0,2}$), но и оценить уровень технологии на заводе-поставщике. Для этого надо при входном контроле построить гистограмму свойств, например твердости. Обычно распределение свойств подчиняется усеченному нормальному закону распределения. Уровень технологического процесса будет выше на том предприятии, где дисперсия окажется меньше. Даже такая привычная константа как температура плавления чистых веществ, например металлов, также относительна. Действительно, температура плавления является константой, но лишь для равновесных условий, то есть, когда нагрев ведется бесконечно медленно, давление остается неизменным, при определенной исходной микроструктуре металла. В неравновесных условиях нагрева температура плавления этого металла будет другой. Так равновесная температура плавления (из официальных источников) меди равна 1083 °С. Если же медь технологическими операциями привести в неравновесное состояние, например, холодной пластической деформацией, а скорость нагрева увеличить до 10^3 °С/с, то медь (по нашим экспериментальным данным) может расплавиться при ~ 800 °С. При этом изменяются механизм и кинетика плавления. В обычных технологических процессах отклонения от равновесия незначительны, поэтому изменение температуры плавления практически незаметно и этим можно пренебречь. Чего нельзя делать в некоторых современных технологиях, например, в радиоэлектронике при вакуумном напылении тонких наноразмерных пленок на подложку, где отклонения от равновесных условий настолько значительны, что физические эффекты, возникающие при этом, используют для получения особых физических и функциональных свойств.

Еще одна «константа» (теперь уже в кавычках) – плотность металла (удельный вес). Например, плотность железа равна $7,86$ г/см³. Надо иметь в виду, что такую плотность имеет железо с равновесной структурой, то есть содержащее минимальное количество дефектов (вакансий, дислокаций, границ зерен). Если железо подвергнуть интенсивной холодной пластической деформации, то в микроструктуре произойдут серьезные изменения: появится огромное количество дефектов кристаллического строения и металл разуплотнится (а не наоборот как многие думают!), плотность его может понизиться до $7,7$ г/см³. По тем же соображениям не являются абсолютными константами такие характеристики, как электросопротивление, теплоемкость, теплопроводность, твердость и пр. Примеры действия вероятностных законов можно было бы продолжить и дальше: это физическое содержание понятия температуры, вопросы прочности, надежности и долговечности и т.д. Остановимся еще на одной важной инженерной концепции.

Любые технические решения и технологические процессы основаны на определенных физических (химических) эффектах и являются их практической реализацией. Используемые эффекты, с одной стороны, определяют технический прогресс, но, с другой стороны, на определенном этапе они становятся тормозом в его развитии. Эти фундаментальные противоречия специалисты-инженеры должны видеть и использовать их в целях повышения эффективности действующих технологических процессов и при разработке новых. В качестве примера рассмотрим старейший технологический процесс – обработку металлов резанием. Эффективность его определяется, главным образом, физикой резания, то есть теми явлениями, которые происходят в месте контакта «заготовка – режущий инструмент». Производительность здесь определяется скоростью отделения стружки – скоростью резания. С увеличением скорости резания возникают проблемы, препятствующие росту производительности. Основная проблема связана с повышением

контактной температуры на режущем лезвии при увеличении скорости снятия стружки. Достигнув определенной температуры твердость инструмента и его режущие свойства резко снижаются, он тупится (ограничивающий фактор) и дальнейшее увеличение производительности – скорости резания, – становится невозможным.

Даже из этой краткой информации о физике резания видно, что кардинальным решением вопроса дальнейшего развития технологии является разработка и внедрение нового инструментального материала, который выдерживал бы на режущей кромке более высокие температуры без снижения режущих свойств. В качестве исторического примера это выглядит примерно так. Одним из первых наиболее известных инструментальных материалов является нелегированная углеродистая сталь типа У10, которая допускает нагрев режущего лезвия < 250 °С, что соответствует скорости резания не более 5 м/мин. Легированная быстрорежущая сталь уже может нагреваться до 600 °С, допустимая скорость резания при этом составляет 50 м/мин. Современные твердые сплавы ВК8, Т15К6 и др. уже выдерживают на режущей кромке температуру до 850 °С при скорости резания более 300 м/мин.

Однако экономика постоянно требует от технологии роста производительности (без снижения качества). Наука ответом на это разработала и предложила новые материалы: эльбор, гексанит и др., имеющие твердость близкую к алмазу, которые могут работать при нагреве режущего лезвия до 1000–1100 °С, что позволяет увеличить скорость резания до 1000 м/мин. Но с появлением этих материалов возникли новые проблемы, тормозящие внедрение их в производстве (и это закономерно!). Для реализации скоростей резания более 1000 м/мин требуется новое станочное оборудование более высокой точности, жесткости и принципиально иной конструкции.

По определению это и есть техническая революция, которая стала следствием научной революции в материаловедении.

Constants in Physical and Technological Processes

A.M. Minaev, L.N. Tyalina

Department "Materials and Technology", TSTU; brusentsov@nnn.tstu.ru

Key words and phrases: constants; construction materials properties; physical and technological properties; probability.

Abstract: The paper discusses matters connected with the probability processes in physics and technology with dual character of physical phenomena which are the basis of technical and technological solutions.

Über Konstanten in den physikalischen und technologischen Prozessen

Zusammenfassung: Es werden die mit den wahrscheinlichen Prozessen in der Physik und Technologie, mit der Doppelrolle der physikalischen Erscheinungen verbundenen Fragen besprochen.

Sur les constantes dans les processus physiques et technologiques

Résumé: Sont discutées les questions liées aux processus probables en physique et en technologie, au double rôle des phénomènes physiques sur lesquels sont fondés les résolutions physiques et technologiques.

Авторы: *Минаев Александр Михайлович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Материалы и технология»; *Тялина Людмила Николаевна* – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Материалы и технология», ГОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Гатапова Наталья Цибиковна* – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Химическая инженерия» ГОУ ВПО «ТГТУ».
