

КРИТЕРИИ ПЛАСТИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ

С.С. Некрасов

Проблема прогнозирования величины наклепа и остаточных напряжений в обработанной резанием поверхности является актуальной и в настоящее время. Экспериментальное исследование влияния различных параметров процесса обработки на эти показатели является одним из самых трудоемких. В связи с этим прогнозирование состояния обработанной поверхности методами имитационного моделирования, например, методом конечных элементов, является, одним из перспективных путей решения указанной проблемы. В настоящее время известно более 20 решений задачи о моделировании процесса резания методом конечных элементов с использованием как универсального программного обеспечения (ABAQUS, LS-DYNA, ANSYS, DEFORM и др.), так и исследовательских программных средств. Вместе с тем, не существует ни одного решения, адекватного одновременно по всем показателям процесса резания.

Одним из существенных источников ошибок являются исходные данные. Известно, что исходными данными для моделирования процесса резания методом конечных элементов являются геометрическая информация о заготовке и инструменте, переставленная в виде их конечно-элементных сеток, граничные условия, модели материалов (совокупность зависимостей, связывающих деформации и напряжения в заготовке и инструменте), модель трения (зависимость, описывающая связь между нормальными и касательными напряжениями на границе контакта инструмента с заготовкой и стружкой), условие разрушения.

Склонность металлов к вязкому разрушению не может быть охарактеризовано только одним критерием, в частности критерием напряжения, по следующим причинам.

В монокристаллах разрушение может происходить при постоянной составляющей касательного напряжения. Поэтому можно было бы предположить, что критерием вязкого разрушения является некоторое касательное напряжение.

Однако из практики известно, что в центре шейки растягиваемого поликристаллического образца реализуется трехосное растяжение и можно было бы полагать, что всестороннее растяжение приводит к вязкому разрушению.

Однако при растяжении с одновременным воздействием гидростатического давления предельная до разрушения деформация увеличивается достаточно значительно, а разрушающее напряжение возрастает не намного, причем хрупко разрушающиеся металлы при наложении гидростатического давления разрушаются вязко при наличии значительных деформаций. Рассматривая механизмы разрушения с позиций теории дислокаций, И.А. Одинг отмечает, что, так как взаимодействуют

силовые поля дислокаций, содержащие и касательные, и нормальные напряжения, «то трудно говорить, какие же напряжения – растяжения, сжатия или сдвига – ответственны за разрушение». Касательные напряжения, вызывающие пластическую деформацию, приводят к увеличению дефектов кристаллической решетки, росту уровня внутренних напряжений, препятствующих внешним приложенным напряжениям, и подготавливают металл к разрушению. Нормальные напряжения растяжения ускоряют процесс разрушения, а нормальные напряжения сжатия, а частности приложенное гидростатическое давления, подавляют процесс разрушения.

Перечень различных экспериментальных фактов свидетельствует также и о том, что простой критерий деформации при вязком разрушении также не верен по следующим причинам.

Наложение гидростатического давления иногда приводит к 100%-ному сужению шейки и эта величина деформации значительно выше, чем при обычных испытаниях на растяжение, т.е. наряду с величиной деформации необходимо указывать величину гидростатического давления.

Кроме этого факта, результаты многочисленных экспериментов доказывают, что предельная до разрушения деформация зависит от степени развитости дефектов типа микропоры, микро- и макротрещины. В зависимости от условий деформирования и схемы напряженного состояния эти дефекты могут развиваться или «залечиваться». Например, при испытании на растяжение образца, подвергнутого предварительному скручиванию, обнаруживается снижение разрушающего напряжения и уменьшение поперечного сужения, т.е. снижение пластичности. Таким образом, сдвиги в процессе предварительного скручивания приводят к возникновению дефектов, раскрытию которых способствуют растягивающие напряжения. Подобно этому кручение предварительно растянутого образца снижает величину угла закручивания при разрушении. Дефектность металла снижается, если образец перед испытанием на растяжение подвергнуть знакопеременному кручению (закрутить и раскрутить).

Приведенные экспериментальные факты свидетельствуют о том, что для осуществления пластического разрушения необходима комбинация деформации с напряжениями сдвига и растяжения с учетом предшествующей истории деформирования и возможного наложения гидростатического давления.

Таким образом, есть основание полагать, что за критерий разрушения может быть принята накопленная на всех предшествующих этапах пластического деформирования до времени разрушения деформация, зависящая от приложенного гидростатического давления и истории деформирования.

Наиболее приемлемым критерием разрушения может быть критерий, основанный на феномологической теории разрушения Г.А. Смирнова-Аляева и В.Л. Колмогорова. В основу, которой положены известные факты, которые можно наблюдать из экспериментов.