

Ф. А. ПАРИКЯН

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ14 В ГАЗОВЫХ СРЕДАХ

Многими исследователями отмечено слабое или почти полное отсутствие влияния газовой среды на процесс резания титановых сплавов. В то же время отмечено некоторое влияние окислительных и нейтральных сред на коэффициент трения [1], усадку стружки и упрочнение поверхностного слоя, износ режущего инструмента [2].

В отдельных случаях, особенно в исследованиях по динамике процесса резания этих сплавов, существуют противоречивые данные.

В связи с вышесказанным представляет определенный интерес исследование влияния газовых сред на процесс резания титановых сплавов. Это диктуется и спецификой физико-механических и химических свойств этих сплавов.

Процесс резания титанового сплава ВТ14 в среде кислорода, аргона, а также в воздухе и вакууме исследован нами в специальной вакуумной камере с установленным внутри динамометром.

Для проведения экспериментов в сравнительно чистых газовых средах из камеры предварительно откачивался воздух и обеспечивался вакуум порядка $5 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст., после чего камера наполнялась исследуемыми газами. Такая методика позволяла доводить до минимума влияние остаточных газов камеры на процесс резания.

Эксперименты проводились в интервале скоростей от 6 до 100 м/мин, при постоянной подаче $S=0,1$ мм/об, глубине резания $t=0,8$ мм и неизменной геометрии режущей части пластин: $\gamma=0^\circ$, $\alpha=8^\circ$, $\varphi=90^\circ$, $\lambda=0^\circ$.

Применялись резцы с механическим креплением твердых сплавов ВК8 и Т15К6. Выбор в качестве режущего инструмента твердого сплава ВК8 продиктован тем, что эти сплавы имеют высокую стойкость и рекомендованы при обработке титановых сплавов. В выборе Т15К6 исходили из предположения, что высокая взаимно адгезионная способность ВТ14 и WC-TiC-Co сплавов должна ухудшать условия проникновения газовой среды в зону резания и тем самым способствовать выявлению общих закономерностей влияния газовой среды.

Исследованный нами сплав ВТ14 с $(\alpha+\beta)$ -структурой имеет малую пластичность и удельный вес, сравнительно низкую теплоемкость и очень низкий коэффициент теплопроводности. Указанные теплофизические свойства в основном определяют возникновение высоких температур в процессе их резания, в 2—3 раза превышающих температуру при аналогичной обработке железоуглеродистых сталей [2, 3].

В процессе резания, когда действуют высокие температуры и образуются ювенильные, свободные от каких-либо окислов поверхности, интенсивность поглощения газов (кислород и азот) резко возрастает. В результате взаимодействия с этими газами твердость значительно возрастает, а пластические свойства снижаются и приводят к охрупчиванию титанового сплава. Эти характерные свойства сплава BT14 и определяют закономерности изменения коэффициента усадки стружки и силы резания в газовых средах, которые приведены на рис. 1.

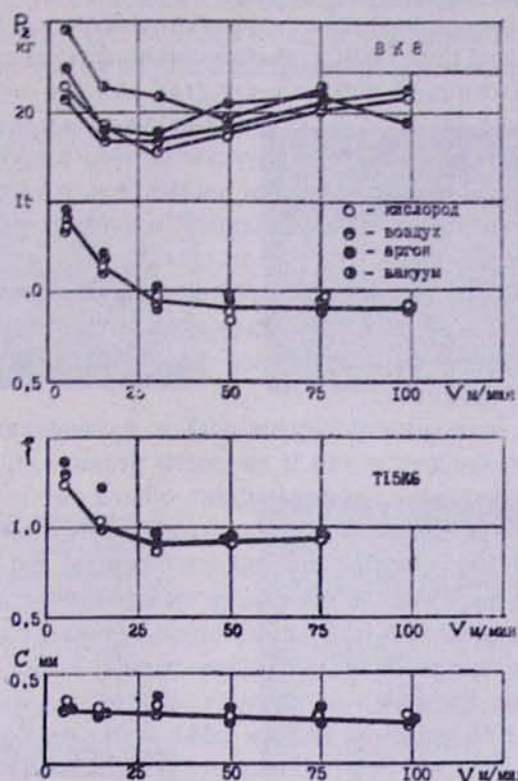


Рис. 1. Зависимость силы резания, коэффициента усадки стружки и длины контакта стружки с резцом от скорости резания в различных газовых средах.

Кривые $\xi = f(V)$ показывают, что на ξ наибольшее влияние оказывает скорость резания, а влияние газовой среды практически отсутствует. С увеличением скорости резания коэффициент усадки стружки резко уменьшается и при $V=30-50$ м/мин (для T15K6 при 15 м/мин) достигает единицы. Затем ξ становится еще меньше и по мере дальнейшего увеличения скорости резания изменяется незначительно. Необычный характер изменения ξ свидетельствует о глубоких изменениях, происходящих в срезаемом слое при его пластическом деформировании. Существуют данные [2, 3], согласно которым для $(\alpha+\beta)$ -сплавов титана так называемая «отрицательная» усадка стружки получается только при

резании в активных газовых средах (имеется в виду воздух), а в нейтральных $\xi \geq 1$.

Полученные нами данные показывают, что в аргоне и в вакууме коэффициент усадки стружки также принимает значение меньше единицы.

В воздухе и кислороде отмеченная особенность деформации срезаемого слоя связана со своеобразными теплофизическими и химическими свойствами $(\alpha+\beta)$ -сплава ВТ14. Дело в том, что эти свойства обуславливают возникновение высоких температур в зоне стружкообразования, вследствие чего сильно нагретая стружка интенсивно поглощает кислород (при 500°C) и азот (при 600°C), вызывающие фазово-структурные изменения [4] с образованием α -структуры (так как эти элементы являются стабилизаторами α -фазы). Структурные изменения приводят к снижению пластичности срезаемого слоя, в результате чего в процессе стружкообразования доля деформации сжатия снижается, в то время как деформация сдвига становится преобладающей в плотно упакованных гексагональных кристаллах $(\alpha+\beta)$ -сплавов.

Эти явления, как и низкое значение модуля упругости, а следовательно, и модуля сдвига, приводят к опережающим трещинам, к элементному строению стружки и обуславливают величину коэффициента усадки стружки меньше единицы.

Существует возможность снижения ξ с изменением условий трения на передней поверхности резца и скорости резания. С увеличением последней доля пластической деформации в общей деформации снижается, а доля упругой — увеличивается. Так как упругая деформация распространяется со скоростью звука, то сокращение времени деформации с увеличением скорости деформации не влияет на ее величину. Это обстоятельство может способствовать заметному уменьшению ξ стружки.

При резании в аргоне и в вакууме, когда полностью исключается влияние активных компонентов воздуха — кислорода и азота, значение ξ менее единицы, по-видимому, можно объяснить тепловыми явлениями, приводящими к линейному удлинению стружки и модификации титана, которая сопровождается структурными изменениями, а также элементным строением стружки.

Сопоставление кривых на рис. 1 показывает неидентичный характер изменения кривых $\xi = f(V)$ и $P = f(V)$. Несмотря на то, что ξ во всем диапазоне изменения скорости резания однозначно снижается, сила резания P_z , уменьшаясь с изменением скорости резания от 6 до 30 м/мин, с дальнейшим ее увеличением возрастает и в зависимости от газовой среды принимает наибольшее значение при скорости 75—100 м/мин.

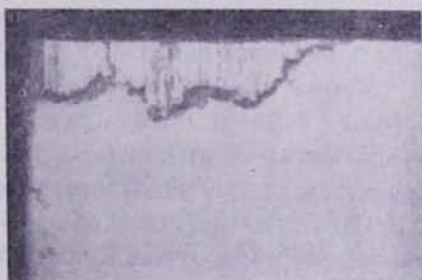
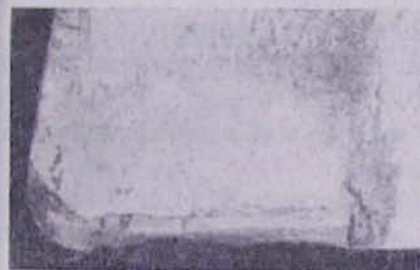
Из рис. 1 следует также, что закономерности изменения P_z при резании сплава ВТ14 аналогичны изменениям при резании железоуглеродистых сталей. Однако экстремальный характер изменения силы P_z объяснить влиянием процесса наростообразования не представляется возможным, поскольку нарост при резании ВТ14 появляется только при малых (до 5 м/мин) скоростях резания. Такое изменение можно объяснить исхо-

ния из специфических теплофизических и химических свойств BT14, а также иными по сравнению со сталями условиями контакта и трения при деформировании этих сплавов.

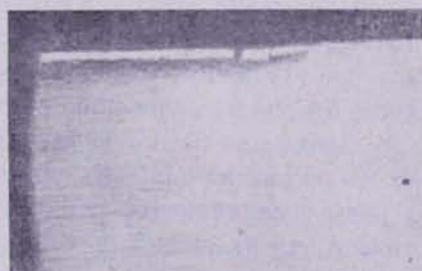
Неидентичный характер изменения силы резания и коэффициента отсадки стружки, по-видимому, связан с изменением условий контакта на задней поверхности резца, приводящих к росту сил на задней поверхности с увеличением скорости резания. Такое объяснение основывается на результатах измерений длины контакта по задней поверхности резца, которая возрастает с увеличением скорости резания независимо от газовой среды, а также тем, что начиная от скорости резания 30 м/мин наблюдается появление фаски износа на задней поверхности резца (рис. 2).



а



б



в

Рис. 2. Фотографии передней и задней поверхности резца из BK8 при резании BT14. а—кислород, б—воздух ($V=75$ м/мин), в—аргон ($V=50$ м/мин).

Кроме того, при скорости выше 30 м/мин, когда величина ξ становится меньше единицы, теплофизические и химические свойства ВТ14 обуславливают интенсивное поглощение газов, что оказывает влияние на срезаемый слой, дополнительно повышая его упрочнение. Это обстоятельство также способствует некоторому увеличению силы резания. Подтверждением этому может служить возрастание P_z в кислороде и воздухе до $V=100$ м/мин, в то время как в аргоне наблюдается снижение силы резания выше $V=75$ м/мин.

В аргоне и в вакууме, где пластические свойства ВТ14 сохраняются (на что указывает сравнительно большая величина ξ) вследствие отсутствия охрупчивающего действия кислорода и азота, изменение силы резания в зависимости от скорости резания в основном связано с непосредственным влиянием скорости деформации и условий трения на контактных поверхностях реза.

Таким образом, результаты исследований показывают, что газовые среды почти не влияют на абсолютную величину исследуемых параметров, несмотря на то, что титановый сплав ВТ14 имеет чрезвычайно большое сродство к активным газам. Это в первую очередь объясняется очень малой по сравнению со сталями длиной контакта (площадью контакта) стружки с резцом, на величину которой независимо от скорости резания газовые среды не оказывают влияния (рис.1). Малая площадь контакта стружки с резцом в совокупности с высокой прочностью ВТ14 приводит к большим контактным давлениям на передней поверхности и обеспечивает сплошной контакт между стружкой и резцом (рис. 2), затрудняящим проникновение газов непосредственно в зону контакта.

Кроме того, титан имеет очень высокое сродство к компонентам твердых сплавов обеих групп ($WC-Co$, $WC-TiC-Co$), что способствует мгновенному схватыванию стружки с резцом по всей площади контакта и препятствует проникновению газовой среды.

Отсутствие влияния газов на процесс резания ВТ14 сказывается и на чистоту обработанной поверхности, которая независимо от газовой среды изменяется в пределах одного класса.

С другой стороны, отмечается небольшое влияние газовых сред на процесс изнашивания режущего инструмента. При $V=50$ м/мин износ по задней грани резца h_2 в воздухе для Т15К6 составляет примерно 0,1 мм (путь резания 250 м), а в аргоне $h_2=0,16$ мм. Здесь сказывается некоторое ухудшение условий трения, а также более низкая теплопроводность аргона по сравнению с воздухом.

Данные по изнашиванию резца в кислороде при указанных условиях мы не смогли получить, так как в процессе резания столкнулись с явлением воспламенения титановой стружки (в литературе по окислению титана это явление известно как самовозгорание титана), которое, согласно [5], в газовой среде происходит в таких условиях, когда защитная пленка окисла на его поверхности по каким-либо причинам разрушается. Естественно предположить, что в результате воздействия высоких температур и образования химически активных ювенильных поверхностей и

процессе резания в чистой кислородной среде существуют все условия для осуществления экзотермической реакции титана с кислородом с выделением большого количества тепла, приводящего к воспламенению стружки титана.

ЛИТЕРАТУРА

- А. И. Афонасов. Влияние среды на процесс резания титановых сплавов. «Изв. Томского ПИ», т. 173, 1970.
- В. А. Кривоухов, А. Д. Чубаров. Обработка резанием титановых сплавов. М., «Машиностроение», 1970.
- А. Ш. Шифрин, Л. М. Резницкий. Обработка резанием коррозионноустойчивых, жаропрочных и титановых сталей и сплавов. М., «Машиностроение», 1964.
- Г. И. Носова. Фазовые превращения в сплавах титана. «Металлургия», 1968.
- А. С. Бай, Д. И. Лейнер. Окисление титана и его сплавов. «Металлургия», 1970.