

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

канд. техн. наук, доцент **Убайдуллаев Гайрат Кучкарович**
Ташкентский государственный транспортный университет,
gayratubaydullaev1948@gmail.com

Ассистент., **Шоикромов Шотемур Бахтиёр угли**
Ташкентский государственный транспортный университет

MSAT-1 гуруҳи талабаси., **Жолдасбаева Азиза Бахадир қизи**
Ташкентский государственный транспортный университет
joldasbaevaaziza664@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются источники и причины возникновения внутренних напряжений при изготовлении деталей машин, раскрываются характерные особенности их формирования и даются некоторые рекомендации по их снижению и стабилизации.

Ключевые слова: Внутренние напряжения, деформация, сопротивления материала, усадка, конструктивные форма, механическая торможения, точность, естественное и искусственное старение.

ABSTRACT

The article discusses the sources and causes of the occurrence of internal stresses in the manufacture of machine parts, reveals the characteristic features of their formation and gives some recommendations for their reduction and stabilization.

Keywords: Internal stresses, deformations, material resistance, shrinkage, constructive form, mechanical braking, accuracy, natural and artificial aging.

Внутренние напряжения, это такие напряжения которые остаются в деталях после снятия нагрузок или воздействия других внешних факторов. Известно, что внутренние напряжения образуются во всем объеме металла детали или в наибольшей его части (напряжения первого рода) и в микро- или ультрамикроскопических зонах (напряжения второго и третьего рода). Непосредственной причиной образования внутренних напряжений является неоднородность линейных или объемных изменений в смежных макро-, микро-

или ультрамикроскопических объемах металла. Обычно внутренние напряжения взаимно уравновешиваются и внешне ничем не проявляются до тех пор, пока по тем или иным причинам это равновесие не будет нарушено. Нарушение равновесия приводит к перераспределению внутренних напряжений и, как следствие, к деформации детали [1]. В технологии машиностроения приходится иметь дело с внутренними напряжениями, вызываемыми в машине процессами, происходящими при ее работе во время регулировки, испытаний и сдачи. Наряду с этим еще чаще приходится сталкиваться с внутренними напряжениями, порождаемыми такими технологическими процессами, как литье,ковка и прессование, сварка, термическая обработка, холодная обработка давлением (прокатка, штамповка, дробеструйная обработка), резание и др. Как, например, при охлаждении отливки возникновение внутренних напряжений происходит вследствие сопротивления материала формы и стержней к свободному протеканию усадки отливки (механическое торможение) и а также главным образом вследствие неравномерности охлаждения отдельных частей отливки при разной толщине стенок или различии в условиях охлаждения (термическое торможение усадки). Так, по некоторым данным [2], усадка больших цилиндров составляет по высоте 0,8 %, а по диаметру всего 0,4 %, что объясняется механическим торможением усадки длины со стороны стержней.

Наибольших величин внутренние напряжения достигают в отливках, имеющих сложные конструктивные формы с резкими переходами от местных скоплений металла к тонким ребрам, стенкам и т.д. Примерами таких деталей могут быть станины станков, рамы, различные корпусные детали, кронштейны и т.д. Неравномерность остывания отдельных частей таких отливок приводит естественно к возникновению внутренних напряжений. Можно сказать, что литые заготовки очень многих деталей поступают на механическую обработку в напряженном состоянии.

Внутренние напряжения отливок под влиянием суточных и сезонных температурных колебаний постепенно перераспределяются, вызывая при этом остаточные деформации заготовок. Перераспределение этих внутренних напряжений, а следовательно, и деформация отливок вначале протекают интенсивно, а затем постепенно замедляясь («успокаиваясь»). Практикой машиностроения установлено, что детали машин после их соответствующей обработки продолжают деформироваться при работе в машинах вследствие продолжающегося перераспределения внутренних напряжений.

Таким образом, для сохранения требуемой точности машины и уменьшения себестоимости обработки деталей необходимо уменьшать величину внутренних напряжений в деталях. Основным путем решения этой задачи

является правильная разработка конструктивных форм детали, отвечающая требованиям равномерного остывания всех ее частей. К основным технологическим мероприятиям относятся правильное ведение технологического процесса отливки, особенно остывания отливок, и выделение черновой обработки детали в отдельную операцию.

Практика машиностроения и исследования показали, что интенсивность процесса перераспределения внутренних напряжений, а следовательно, и деформаций отливок значительно возрастает при удалении в процессе обработки поверхностных слоев металла. Поэтому после черновой обработки следует освободить деталь от зажимов, крепящих ее к столу станка, или приспособления, чтобы дать ей возможность свободно деформироваться под влиянием происходящего перераспределения внутренних напряжений. В противном случае при дальнейшей обработке деталь будет находиться в упругонапряженном состоянии и после освобождения от зажимов неизбежно будет деформироваться, чем и объясняется необходимость выделять черновую обработку в отдельную операцию. Данная мера уменьшает величину последующих деформаций деталей, но обычно не настолько, чтобы их величиной можно было пренебречь. Поэтому после черновой обработки детали обычно подвергают естественному или искусственному старению. Естественное старение сводится к воздействию на деталь температурных колебаний воздуха внутри или вне помещения. Продолжительность естественного старения зависит от величины внутренних напряжений каждого типа и размера детали отдельно. Так, например, станина обычного токарного станка подвергается старению течение 5-10 сут. Некоторые детали высокоточных прецизионных станков, приспособлений и других изделий подвергаются естественному старению в течение нескольких месяцев и даже лет. Стремление сократить цикл производства и ускорить оборачиваемость средств, затрачиваемых на длительное естественное старение деталей, привело к замене этого процесса искусственным старением. Исследования и опыт показали, что наиболее экономичным способом искусственного старения является термическая обработка деталей, прошедших черновую обработку.

Известны также механические способы искусственного старения путем нанесения по деталям большого количества мелких ударов в вращающиеся барабаны, где они обкатываются вместе с небольшими кусками чугуна или специальными деталями. Детали больших габаритных размеров встряхивают на специальных устройствах или подвешивают, после чего по местам переходов местных скоплений металла в тонкие ребра и стенки наносят удары пневматическими молотками. Можно предполагать, что в ближайшем будущем

для уменьшения внутренних напряжений будут использоваться высокочастотные колебания и вибраторы новейших типов. Внутренние напряжения возникают в деталях и в результате их термической обработки. Известно, что при температуре порядка 400°C для углеродистых и 500°C для специальных сталей возникает явление ползучести. Ниже этих температур сталь находится в упругом состоянии, выше - в пластическом. В момент остывания, когда температура детали не достигла указанных значений, внутренние напряжения в детали не могут возникнуть, так как металл находится в пластическом состоянии. При дальнейшем остывании поверхностные слои металла детали, охлаждаясь быстрее внутренних и достигая температуры, меньшей 400 °C или соответственно меньшей 500 °C, переходят в упругое состояние и, стремясь сократить объем, встречают сопротивление внутренних, более нагретых слоев. В результате в наружных слоях металла возникают внутренние напряжения растяжения, в то время как во внутренних слоях создаются напряжения сжатия. При дальнейшем остывании детали наступает момент, когда сокращение объема внутренних слоев металла компенсирует растяжение остывших поверхностных слоев, и внутренние напряжения в детали становятся равными нулю. Дальнейшее охлаждение внутренних слоев металла требует дальнейшего уменьшения их объема. Однако этому препятствуют связанные с ними наружные остывшие слои металла; теперь в наружных слоях возникают внутренние напряжения сжатия, в то время как во внутренних появляются напряжения растяжения. Таким образом, детали, прошедшие термическую обработку, поступают на последующую обработку в напряженном состоянии. Чем сложнее конструктивные формы детали, чем резче переходы от одних объемов металла детали к другим и чем быстрее и неравномерное остывание детали, тем больше по величине возникающие в ней внутренние напряжения.

Нередки случаи, когда детали, прошедшие термическую обработку, после нескольких часов пролеживания разрушаются имеющимися в них внутренними напряжениями, усилившимися под воздействием каких-либо внешних факторов. Снятие поверхностных слоев металла на последующих операциях приводит к перераспределению внутренних напряжений и к остаточным деформациям деталей[3]. Основными средствами сокращения внутренних напряжений являются придание деталям конструктивных форм, отличающихся плавными переходами от одних объемов металла к другим, правильное ведение процесса термической обработки, особенно обеспечение равномерного остывания деталей, а также введение дополнительной операции — отпуска. В сварных деталях внутренние напряжения образуются вследствие их неравномерного

нагрева и остывания во время сварки. В момент перемещения источника теплоты в виде электрической дуги или газового пламени происходит сильный (до 1 600°C) нагрев основного и наплавляемого металла в зоне наплавки, причем теплота, а следовательно, и температура распределяются неравномерно. Участки металла, окружающие зону высоких температур, обладая более низкой температурой, препятствуют свободному расширению металла в этой зоне и тем самым создают в ней напряжения сжатия, которые, так как металл в зоне наплавки находится в пластическом состоянии, вызывают в нем значительные пластические деформации. После остывания в зоне наплавки вместо напряжений сжатия образуются остаточные напряжения растяжения, так как свободному уменьшению объема охлаждающегося металла этой зоны мешает связанный с ним остальной металл детали.

Отличительными особенностями сварных деталей являются остающиеся температурные деформации. При этом остаточные деформации, особенно в виде искажения правильных геометрических форм сварной детали, усложняют установку, базирование и закрепление деталей при обработке и нередко приводят к увеличению погрешности установки и введению дополнительных операций, обеспечивающих требуемую точность. Остаточные деформации сварных деталей нередко достигают величин, соизмеримых с допусками на готовые детали. Для уменьшения остаточных деформаций сварных деталей необходимо осуществлять ряд конструктивных и технологических мероприятий. Как например, чтобы избежать искривления оси детали, сварные швы следует располагать с разных сторон относительно ее геометрических осей. Примерами технологических мероприятий могут служить правильная последовательность наложения сварных швов, выбор интенсивности сварочных режимов, применение последующей термической правки деталей путем местных нагревов или наложения специальных фальшивых накладных швов (валиков) и т.д. Перераспределение внутренних напряжений во времени вызывает появление дополнительных остаточных деформаций как в процессе обработки сварной детали, так и при последующей работе в машине. Для устранения перераспределения внутренних напряжений и сокращения в дальнейшем величин порождаемых ими деформаций сварных деталей прибегают к естественному и искусственному старению, аналогично тому, как это делается с отливками. Например, детали из низкоуглеродистых сталей нагревают в печах до температуры 600...650°C.[]. Внутренние напряжения в поверхностных слоях металла возникают также в результате наклепа заготовок и деталей давлением в холодном состоянии - холодной прокаткой, волочением, развальцовкой, калибровкой отверстий при помощи прошивок, шариков и др.

Снятие поверхностного слоя металла (особенно с одной стороны детали) приводит к перераспределению внутренних напряжений приводящих к деформациям деталей. Как например, прорезка шпоночного паза в длинном валу, изготовленной из холодноотянутого материала, приводит к искривлению его оси. В процессе обработки металлов резанием поверхностный слой претерпевает существенные пластические деформации и местный высокий кратковременный нагрев. Свойства этого слоя существенно отличаются от свойств остальной массы металла. На процесс образования поверхностного слоя наиболее существенное влияние оказывают процесс деформации металла в зоне образования стружки, его физико-механические свойства, взаимодействующие поверхности контакта режущей кромки и задней поверхности инструмента с обрабатываемой деталью, их размеры и состояние, степень и скорость деформации металла, свойства и количество специальной охлаждающей жидкости и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданович П.Н., Прушак Р.М. Трения и износ в машинах. Минск: Изд-во «Высшая школа», 1999.
2. Польцер Г. Основы трения и изнашивания. Москва: Изд-во «Машиностроения», 1984.
3. Чичинадзе А.В. Основы трибологии. Москва; Изд-во «Машиностроения», 2001.
4. Abdulaziz, S., & Nurillo, E. (2022). Analysis of studies on the justification of the parameters of the brake system of auto-tractor trailers. *Research and education*, 1(6), 91-94.
5. Shermukhamedov, A., Ergashev, N., & Azizov, A. (2021). Substantiating parameters brake system of the tractor trailer. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 04019). EDP Sciences.
6. Shermukhamedov, A., Ergashev, N., & Azizov, A. (2021). Substantiating parameters brake system of the tractor trailer. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 04019). EDP Sciences.
7. Убайдуллаев, Г.К., Жуманиязов Х.Ж., & Эргашев Н.Т. у. (2022). Отклонение геометрических показателей поверхностей деталей при их обработке. *Research and education*, 1(9), 298–302. Retrieved from <https://researchedu.org/index.php/re/article/view/1055>
8. Азизов А.А., Эргашев Н.Т., & Муталиев, В. А. (2022, November). Методика расчета безотказности элементов проектируемого автомобиля с применением

- коэффициентов коррекции. In *International conference dedicated to the role and importance of innovative education in the 21st century* (Vol. 1, No. 8, pp. 160-165).
9. Ибрагимов, Б. Д., Турсунов, И. С., & Эргашев, Н. Т. у. (2022). Сервис электромобилей и проблемы его организации. *international conference dedicated to the role and importance of innovative education in the 21st century*, 1(8), 171–175. Retrieved from <https://openidea.uz/index.php/conf/article/view/227>
10. Азизов, А. А., Эргашев, Н. Т., & Шадиёв, С. Р. (2022, November). Изменение свойств резины в процессе старения. In *International conference dedicated to the role and importance of innovative education in the 21st century* (Vol. 1, No. 8, pp. 155-159).
11. Shermukhamedov, A. A., Ergashev, N. T. ugli, & Jumaniyazov, H. J. (2022). Katta hajmli kuzovlari almashinuvchi traktor tirkamalari tormoz tizimi tadqiqotlari tahlili. *International conference dedicated to the role and importance of innovative education in the 21st century*, 1(8), 176–180. Retrieved from <https://openidea.uz/index.php/conf/article/view/228>
12. Хакимов Р., Ибрагимов Б. и Айрапетов, Д. 2022. Возможность снижения шума и вибрации транспортно-технологических машин путем нанесения многофункционального антикоррозионного покрытия. *Общество и инновации*. 3, 6/S (июл. 2022), 188–194. DOI:<https://doi.org/10.47689/2181-1415-vol3-iss6/S-pp188-194>.
13. Хакимов, Р. М., Ибрагимов, Б. Д., & Айрапетов, Д. А. (2022). Снижение шума и вибрации транспортно-технологических машин многофункциональным антикоррозионным покрытием. *Проблемы современной науки и образования*, (5 (174)), 6-12.
14. Ubaydullaev, G., Riskaliev, D., Ergashev, N., Rashidov, A., & Shadiev, S. (2021). Determination of installation bases of parts during their mechanical processing. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 05046). EDP Sciences.
15. Шермухамедов А. А., Шадиёв С. Р., Жуманиязов Х. Ж. Гидравлический дифференциальный механизм поворота трактора //research and education. – 2022. – Т. 1. – №. 7. – С. 196-200.
16. Убайдуллаев Г. К., Жуманиязов Х. Ж., Шадиёв С. Р. Ansys дастурий комплекси ёрдамида балка чўзилиши ва эгилишини ҳисоблаш //research and education. – 2022. – Т. 1. – №. 7. – С. 201-204.
17. Ubaydullaev Gayrat, & Shadiev Sanat. (2022). Method for forming replaceable assembly and units. *E Conference Zone*, 45–49. Retrieved from <http://www.econferencezone.org/index.php/ecz/article/view/1600>