

УДК 621.7

Потеря устойчивости со складкообразованием при вытяжке

Геттуев Умар Борисович

umar0901@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлен механизм потери устойчивости с образованием складок. Проанализировано влияние геометрических параметров заготовки и деформирующего инструмента, которые способствуют возникновению складок при вытяжке. Рассмотрены методы устранения данного дефекта. Также описан опыт применения компьютерного моделирования для устранения потери устойчивости на производстве.

Ключевые слова: вытяжка, потеря устойчивости, складкообразование, листовая штамповка

Loss of stability with wrinkling during deep drawing

Gettuev Umar Borisovich

umar0901@gmail.com

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The mechanism of stability loss with the wrinkle formation is presented. The influence of the blank geometric parameters and the deforming tool, which contribute to the occurrence of wrinkles during drawing, is analyzed. Methods for eliminating this defect are considered. The experience of using computer modeling to eliminate stability loss in production is also described.

Keywords: drawing, stability loss, wrinkling, sheet metal stamping

Процесс вытяжки, при определенных условиях, сопровождается потерей устойчивости с возникновением складок, что приводит к искажению формы изделия. Правка складок является крайне трудоемким процессом, а зачастую — невозможным. Процесс потери устойчивости обусловлен напряженно-деформированным состоянием заготовки. В процессе вытяжки, фланец заготовки находится в плоском напряженном и объемно-деформированном состоянии. По мере втягивания заготовки в матрицу, во фланце возникают радиальные растягивающие напряжения, достаточные для перевода фланца в пластическое состояние. Действие радиальных напряжений, в свою очередь, приводит к возникновению сжимающих тангенциальных напряжений в окружном направлении [0]. Под действием тангенциальных сжимающих напряжений, возникает потеря устойчивости с образования складок.

На возможность образования складок влияет множество факторов. Более тонкая заготовка, при равных габаритах и коэффициенте вытяжки, имеет большую тенденцию к складкообразованию. В литературе приводится зависимость коэффициента вытяжки от относительной толщины заготовки. Дан-

ная зависимость является приблизительным критерием для определения возможности возникновения складок при вытяжке без прижима. Если критерий не удовлетворяется, вытяжку следует производить с прижимом [0].

Действие усилия прижима позволяет обеспечить прилегание заготовки к матрице на протяжении всего процесса вытяжки, что способствует возрастанию радиальных растягивающих напряжений и тем самым, согласно условию пластичности, к снижению уровня тангенциальных сжимающих напряжений. Однако избыточное усилие прижима может привести к возрастанию растягивающих напряжений в опасном сечении до критической величины. Следовательно, при разработке технологического процесса вытяжки с прижимом, необходимо определить оптимальную величину усилия прижима [0].

Также, на благополучное протекание процесса вытяжки влияет увеличение радиуса закругления входной кромки матрицы. В работе [4] приводятся результаты моделирования и экспериментов вытяжки в коническую матрицу с углом 45° с различными радиусами матрицы. Большой радиус закругления матрицы уменьшает ширину перетягиваемого фланца и делает его более устойчивым, а предельный коэффициент вытяжки увеличивается. Кроме того, большой радиус закругления матрицы способствует снижению требуемого усилия прижима, что позволяет снизить уровень радиальных напряжений в опасном сечении [5].

Однако слишком большая величина радиуса закругления может способствовать преждевременному выходу фланца из-под прижима, что приведет к возникновению складок на конечном этапе вытяжки. Это особенно актуально при вытяжке из относительно тонких заготовок. Таким образом, оптимальный размер радиусов закругления матрицы следует устанавливать в зависимости от относительной толщины заготовки.

При вытяжке сферических, конических деталей и в случае вытяжки из особо тонких заготовок, в штампах предусматривают перетяжные ребра. В процессе вытяжки, ребра замедляют либо полностью тормозят движение фланца, способствуя увеличению растягивающих напряжений и повышению устойчивости. При неправильном выборе формы, количества и расположения ребер, высокая степень торможения может привести к возрастанию растягивающих напряжений в опасном сечении и разрыву заготовки [6].

Условия применения перетяжных ребер исследованы недостаточно подробно. При определенных параметрах вытяжки, использование перетяжных ребер может быть нецелесообразным.

Так, на предприятии по производству жидкостных ракетных двигателей, процесс вытяжки с перетяжными ребрами сопровождался образованием складок. Увеличение усилия прижима снижало интенсивность складкообразования, однако приводило к чрезмерному утонению материала. Для оптимизации технологического процесса, в программном комплексе PAM-STAMP была построена математическая модель вытяжки с перетяжными ребрами и без них. Анализ результатов моделирования привел к выводу о нецелесообразности применения перетяжных ребер для данной детали. В результате доработки ин-

струмента и корректировки усилия прижима, в соответствии с расчетной моделью, удалось полностью устранить складки, минимизировать утонение в опасном сечении и получить соответствующее требованиям изделие.

Список источников

- [1] Попов Е.А. *Основы теории листовой штамповки*. Москва, Машиностроение, 1968, 283 с.
- [2] Шофман Л.А. *Теория и расчеты процессов холодной штамповки*. Москва, Машиностроение, 1964, 375 с.
- [3] Ершов В.И., Попов О.В., Чумадин А.С. и др. *Листовая штамповка: расчет технологических параметров: справочник*. Москва, Изд-во МАИ, 1999, 516 с.
- [4] Синь Л., Евсюков С.А., Чжунци Ю. Исследование влияния радиуса закругления вытяжной матрицы на потерю устойчивости заготовки. *Техника и технологии машиностроения. VI Междунар. конф.: матер.* Омск, ОмГТУ, 2017, с. 56–60.
- [5] Романовский В.П. *Справочник по холодной штамповке*. Ленинград, Машиностроение. Ленинградское отделение, 1979, 520 с.
- [6] Зародов М.С. Исследование влияния формы перетяжного ребра на напряжения при вытяжке коробчатой детали. *Альманах современной науки и образования*, 2016, № 8 (110), с. 30–33.