

Zeit und Kosten gespart

EINE TRAGENDE ROLLE BEI DER BAUTEIL- UND PROZESSENTWICKLUNG VON RAHMENBAUTEILEN EINES MOTORRADES SPIELTE EINE SIMULATIONS SOFTWARE. SIE ERLAUBTE, DIE MACHBARKEIT UND METHODE DES INNENHOCHDRUCK-UMFORMPROZESSES IN EINEM FRÜHEN STADIUM ZU UNTERSUCHEN UND DEN EINSATZ VON ZEIT- UND KOSTENINTENSIVEN PROTOTYPEN UND VERSUCHEN GRÖSSTENTEILS ZU ERSETZEN.

Als erstes BMW-Motorrad besitzt das Modell K 1200 S Rahmenbauteile, die durch Innenhochdruckumformen (IHU) entstehen. Sie liegen im Sichtbereich mit entsprechenden Anforderungen an die Oberfläche und bilden das Rückgrat des Motorrades. Im Auftrag von Schmolz + Bickenbach Hydroform, des Serienlieferanten für das Rahmenbauteil, hat AutoForm Engineering Deutschland als Projektpartner von AWS Schäfer Technologie die Simulation der Rahmenbauteile durchgeführt. Die enge Zusammenarbeit im Projektteam mit Experten aller wichtigen Bereiche brachte beeindruckende Zahlen hervor: die Werkzeuge und Prozesse waren in der halben Zeit ausgelegt, die Entwicklungszeiten halbierten sich und die Werkzeugkosten wurden um mehr als ein Drittel reduziert. Die Simulation führte außerdem zu einer verbesserten Bauteilqualität und der Ausschuss in der Serienproduktion liegt heute bei unter 1%.

grenze und Zugfestigkeit waren gegeben. Pro Motorrad gibt es ein rechtes und ein linkes Rahmenbauteil, die als Doppelbauteil gefertigt werden sollen.

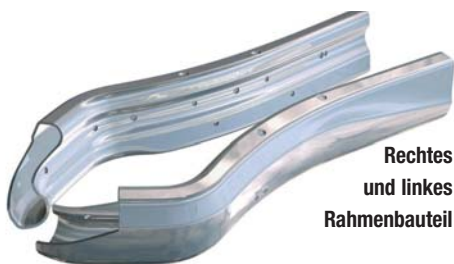
Modellbildung und Prozessauslegung

Während der ersten Modellbildung mit Hilfe der AutoForm-Simulationssoftware kommt ein Rundrohr zum Einsatz. Die CAD-Daten des Rahmenbauteils werden



in AutoForm Hydroforming eingelesen und ein Doppelbauteil erstellt. Der Ausgangsröhrdurchmesser lässt sich über eine Schnittanalyse bestimmen. Damit das Rohr in das Hydroform-Werkzeug passt, ist ein Vorbiegen mit vier Biegungen notwendig, wobei die Biegelinie automatisch erstellt wird.

Die Werkzeugauslegung bildet den letzten Schritt der Modellbildung. In AutoForm Hydroforming wird die Füllfläche zwischen dem rechten und linken Bauteil erzeugt, die Ankonstruktion gestaltet, das Werkzeug hinterschnittfrei eingedreht und eine Trennebene festgelegt. Anschließend erfolgt die Auftrennung des Werkzeugs in ein Ober- und Unterwerkzeug und die Einlaufkanäle werden definiert. Die Software erzeugt automatisch die Axialzylinder für das Nachschieben. AutoForm Hydroforming stellt im Weiteren die Hauptparameter für den IHU-Prozess (Innendruck und axialer Nachschiebeweg) in Abhängigkeit der Zeit in Diagrammen dar. Daraus ist ein



Rechtes und linkes Rahmenbauteil



Doppelbauteil nach dem Innenhochdruckumformen.

Ausgangslage

Die IHU-Rahmenbauteile sind Teil eines Schweißverbunds, der den Hauptrahmen der K 1200 S bildet. Speziell die scharfen Dekorkanten und eine definierte Rautiefe der Bauteile verlangten Beachtung. Dasselbe galt für die Maße, die Festigkeit und eine hohe Prozesssicherheit bei der Fertigung. Einiges war schon vor dem Projektstart klar. Als Halbzeug waren Aluminium-Rundrohre vorgesehen. Minimale Wandstärke nach dem IHU-Prozess, Streck-

Druck-Weg-Diagramm ableitbar, wie es für IHU-Maschinen gebraucht wird. Für die Simulation sind die vier Prozessschritte CNC-Biegen, Schließen der Einlaufkanäle, Schließen des Oberwerkzeugs und Hydroformen relevant.

Eine einfache Simulation zum Start

Für eine erste Simulation kommt ein vereinfachtes Biegemodell zur Anwendung, bei dem die Änderungen der Verfestigung und der Blechdicke berücksichtigt werden und das schnell eine Aussage be-

züglich der Herstellbarkeit erlaubt. Als Ergebnisse liefert dieses Modell eine Dickenzunahme der Innenbögen und zeigt, dass die Wandstärke der Außenbögen schon bedenklich nahe an die Mindestwandstärke kommt. Beim Schließen des IHU-Werkzeugs drückt außerdem die obere und untere Werkzeughälfte auf den Außenbogen, formt das gebogene Rohr vor und streckt im Bereich des Innenbogens Material ab.

Weitere Simulationen notwendig

Ausgehend von den Ergebnissen weiterer Simulationen mit dem vereinfachten Biegemodell und der Optimierung des Nachschiebewegs in mehreren Durchläufen drängt sich eine andere Halbzeuggeometrie auf. Diese orientiert sich abweichend vom vorgesehenen Rundrohr an der Endform des Bauteils. Damit bleibt auch der Umformgrad möglichst niedrig. Die Entscheidung fällt auf ein Strangpressprofil, dessen Querschnitt einer Acht ähnlich ist. Der Aufwand, diese Änderung in die Software zu übernehmen, ist gering. Nur der Querschnitt muss neu eingelesen werden. Die Geometrie für das Halbzeug erzeugt AutoForm Hydroforming daraufhin automatisch und es kann erneut simuliert werden. Die Wandstärken erweisen sich nun als weniger kritisch. Hartnäckiger geben sich Reißer in der Seitenwand.

Schnittbilder am Ort der geringsten Wandstärke und zu verschiedenen Zeitpunkten des IHU-Prozesses zeigen, dass nach dem Schließen des Werkzeugs ein hoher Umformgrad nötig ist, um in den Radienbereichen die Endkontur des Bauteils zu erreichen. Erst als die Radien in diesem Bauteilbereich entschärft sind, verschwinden die Risse.

Letzte Absicherung

Eine inkrementelle Simulation des Biegens für die geänderte Geometrie soll Klarheit schaffen über mögliche Formfehler beim Biegeprozess. Alle dazu erforderlichen Biegewerkzeuge und die relevanten Prozessschritte werden von AutoForm Hydroforming automatisch erstellt. Manuell wäre dies sehr aufwändig und zeitintensiv, insbesondere bei Änderungen an der Biegelinie. Sie bildet die Grundlage für den Biegeprozess und beeinflusst damit direkt den Biegeplan. Dieser wird bei einer geänderten Biegelinie umgehend aktualisiert, da AutoForm Hydroforming die Biegewerkzeuge und Biegeprozesspa-

rameter automatisch anpasst.

Die inkrementelle Simulation zeigt, dass Verformungen oder Falten kein Thema sind und nur in einem Bereich wird die Mindestwandstärke unterschritten. Um hier Einschnürungen und Reißer auszuschließen, wird der Radius in diesem Bereich größer gestaltet. Damit legt sich das Material später an das Werkzeug. Beim Ausformen der Eckbereiche wird das Material somit nicht mehr an dieser Stelle abgestreckt.

Um das Bauteil in das Innenhochdruck-Umformwerkzeug einzulegen, ist Vorformen nicht unbedingt notwendig. Erfahrungsgemäß kann es aber beim Schließen des IHU-Werkzeugs zu Anreißern kommen. Um dies auszuschließen, werden an ausgewählten Positionen dynamische Schnittbilder während des Schließvorgangs überprüft. Für eine erleichterte Auswahl bietet AutoForm Hydroforming die Funktion „Dynamic sections“. Damit kann man sich gleichsam virtuell durch das Bauteil bewegen und den Umformprozess an der jeweiligen Schnittposition beobachten.

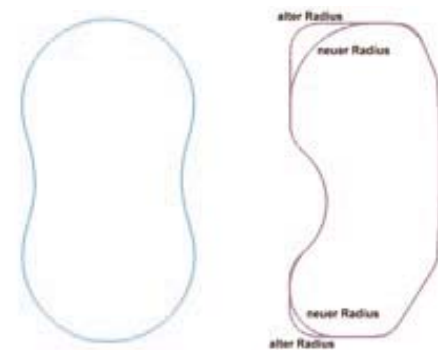
Es stellte sich heraus, dass die Wand des Strangpressprofils in zwei Bereichen sehr dicht an die Trennung von Ober- und Unterwerkzeug herankommt. Darum wird hier das Doppelbauteil vorgeformt, womit Anreißer in diesen Bereichen definitiv ausgeschlossen sind.

Fazit

Mit Hilfe der AutoForm Hydroforming-Software lässt sich die gesamte Kette von der Entwicklung des hydrogeformten Bauteils bis zur Prozessauslegung effizient analysieren. Dank der Simulation werden anspruchsvolle Vorgaben bezüglich Design, Gewicht, Festigkeit und Prozesssicherheit während der Fertigung beherrschbar. Die kurzen Rechenzeiten erlauben zudem mehrere Simulationsversuche in einem Zeitraum von Stunden statt Tagen. So zeigen sich rasch Verbesserungspotentiale, die direkt in weitere Simulationen einfließen können. Schon vor dem Anfallen hoher Versuchskosten stellte sich beim Rahmenbauteil heraus, dass die Bauteilgeometrie kleine Anpassungen erfordert und dass die Profilgeometrie einer größeren Änderung bedarf. Nur damit war der entscheidende Sprung in Richtung Machbarkeit und Bauteilqualität möglich. Apropos Prototypenwerkzeug: dieses konnte gänzlich eingespart werden!

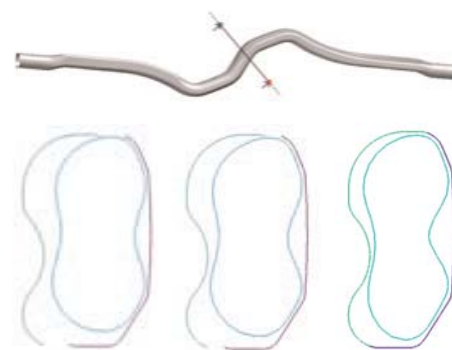


Nach der ersten Simulation mit dem Rundrohr zeigen sich kritische Mindestwandstärken.



Strangpressprofil ähnlich einer Acht

Die Radien, die nicht im Sichtbereich liegen, werden sanfter ausgeführt, um die Rissbildung zu eliminieren.



Dynamische Schnittbilder während des Schließvorgangs und an ausgewählten Schnitten zeigen mögliche Stellen für Anreißer.



Nach dem IHU-Prozess sind die Wandstärken nun allesamt im unkritischen Bereich.