

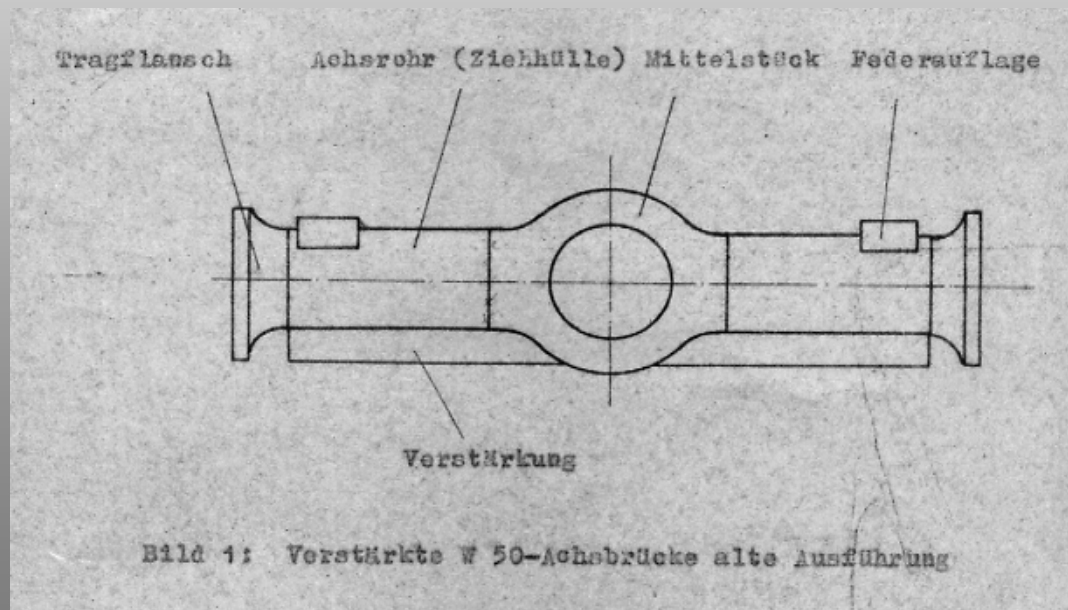
7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Ausgangssituation

Die im Lastkraftwagen IFA W50 verwendete Hinterachsbrücke zeigte im breit gestaffelten Einsatz, insbesondere in der Landwirtschaft und in der Bauindustrie zunehmend Mängel und Schwächen. Verformungen, Risse und Brüche und damit verbundene weitere Schäden an der kompletten Achse als Folgeschäden erforderten eine Veränderung der Konstruktion der Achsbrücke als tragendes Element der Kraftübertragung zwischen Motor und Straße. Auch der hohen Exportquote (ca.70%) und der Kundenzufriedenheit im In- und Ausland musste Rechnung getragen werden.



Tragflansch : Schmiedeteil
Achsrrohr : Strangpressprofil
Mittelstück : Schmiedeteil
Federauflage : Gussteil
Verstärkung : Warmbiegeteil

Alle Teile wurden nach Bearbeitung handgeschweißt.

(Die Verstärkungen wurden nur bei entsprechenden Achsvarianten für Fahrzeuge für schweres Gelände, z.B. Bauwesen, Militär angefügt)

7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Stand der Technik

Umfangreiche Recherchen zu Achskonstruktionen ergaben die dominierende Variante, dass auf speziellen Pressen durch Warmumformen zwei Halbschalen aus 10-12 mm dickem Blech geformt wurden (Bild 2). Anschließend wurden die Achsrohrhälften bearbeitet, geschweißt und mit Flanschen, Verstärkungen und Elementen zur Einbindung versehen.

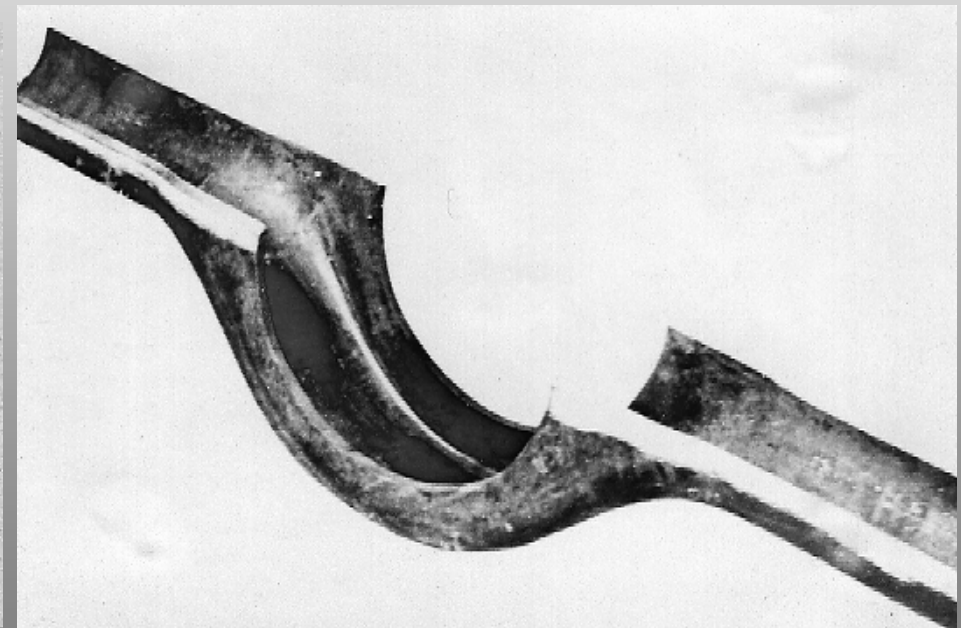
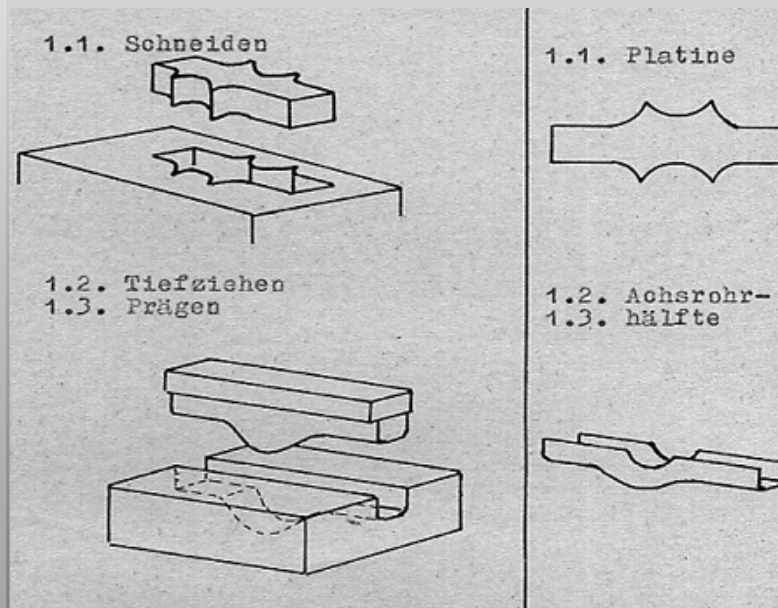


Bild 2

Beispiel: Achsrohrhälfte, Lasco-Schlagziehpresse

7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Lösungssuche

Entsprechende Pressen waren im Werk nicht vorhanden. Investitionen in Höhe von 6-8 Millionen DM wären erforderlich gewesen, wollte man auf das übliche Konstruktionsprinzip ausweichen. Mangelnde Devisen waren überdies ein Grund, nach Alternativen zu suchen.

1971 nahm sich Horst Steinicke, der Sache an. Seine Idee: Das Formen der Achsrohre mittels Sprengstoff.

Ein Neuererkollektiv der Technologieabteilung der IFA-Automobilwerke Ludwigsfelde reichte dazu einen Verbesserungsvorschlag ein.

Die Ausführungen wurden allerdings mit sehr großer Skepsis aufgenommen. Aus allen Richtungen wurden Zweifel und Vorbehalte geäußert, die Umsetzung in einen Fertigungsprozess einzuordnen zu können.

Bis dahin wurde Sprengstoff für das Umformen von Bauteilen und für das Verbinden von metallischen Werkstoffen- wenn überhaupt- vor allem in den Vereinigten Staaten verwandt, und das auch nur lediglich in der Einzelfertigung und auf freiem Gelände. Das Literaturstudium zeigte, dass es weltweit noch keine Anwendung der „Explosivumformung in der Serienproduktion“ gab. Das machte die Aufgabe immens interessant.

Unter schwierigen Bedingungen führten Steinicke und Urbanke Versuchssprengungen mit Bauteilen im Maßstab 1:2 durch. Es wurde ein Rohr verwendet, das nach dem Umformen sich der gewünschten Achskörperform annähern sollte. Die Sprengung erfolgte in einem geschlossenen Gesenk, in das die Sollkontur eingearbeitet war.

Zunächst waren die erzielten Ergebnisse deprimierend. Es folgten weitere experimentelle Arbeiten und Versuchsreihen, sich dem Ziel zu nähern. Es gelang schließlich, ein erstes Modell, noch im Maßstab 1:2, herzustellen (Bilder 3.1 und 3.2).

Bild 3.1 : Ausgangssituation, Versuchsbeginn



Bild 3.1

Bild 3.2 : Ergebnis nach umfangreichen Versuchsreihen

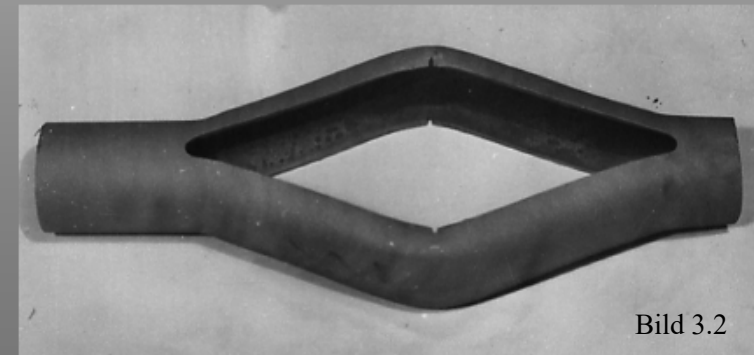


Bild 3.2

7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Fragen zu einer Menge ungelöster Probleme, die eine Serienfertigung in Aussicht stellten, standen dabei noch nicht im Vordergrund, wohl aber war erkennbar, dass sich ein Weg zur Lösung zeigte.

Die Resultate der aufwändigen Versuche stellte Steinicke in seiner Diplomarbeit 1972 an der TU Magdeburg dar und meldete das erste Verfahrenspatent an.

Steinicke fand Mitstreiter in der Abteilung Technologische Entwicklung, insbesondere Urbanke, Tangermann, Siebert und Hellmuth die sich der Aufgabe stellten, den angestrebten Serienprozess intensiv zu untersuchen. Je tiefer die Untersuchungen durch das inzwischen zum Entwicklungskollektiv gereifte Team in die Materie eindringen, umso mehr gelang es, berechtigte Einwände und Kritiken durch theoretische und experimentelle Arbeiten abzubauen und durch Ergebnisse zu untermauern. Zahlreiche Komplexe, die bis dahin noch nicht durch einen Serienprozess gestützt wurden, mussten untersucht und gelöst werden.

Problemsituation

Schwerpunkte waren insbesondere:

- Umformbarkeit des Werkstoffes
- Gestaltung des Explosivumformprozesses
- Sicherheit im Umgang mit Sprengstoff unter Serienbedingungen
- Entwicklung einer Umformanlage für die Serienfertigung

Erste Schritte

Die oben angeführten Komplexe mußten soweit untersucht sein, um mit sicheren Aussagen einen Serienablauf zu definieren. Dazu war auch Voraussetzung, dass eine konstruktive Vorgabe zu der sich abzeichnenden Lösung erarbeitet werden mußte, um mit entsprechenden Erprobungsträgern statische und dynamische Untersuchungen, Dauerfestigkeits- und Fahrerprobung durchzuführen

Es wurde eine Versuchseinrichtung geschaffen, in der alle Vorarbeiten vorgenommen wurden.

Die Einrichtung stand zu Beginn an einem zugelassenem Stand im Gelände, später in einem Container nahe dem Hallenbereich und mit fortschreitenden Ergebnissen im Gebäude. Ein provisorisches Sprengstofflager sicherte im Versuchsstadium den ständigen Zugriff zu Sprengstoff und Zündern.

7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Der Umgang mit Sprengstoff in der Fabrik, die damit verbundenen Sicherheitsaspekte, vom Lagern, der Handhabung bis zur Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben mussten im Rahmen einer „Schutzgüte“ für den Prozess vorgegeben werden, nicht nur für das Versuchsstadium mit umfangreichen Versuchsreihen im Maßstab 1:1 und der Herstellung diverser Erprobungsträger.

Umfangreiche Untersuchungen zu den Werkstoffen, die einer hohen Umformgeschwindigkeit unterlagen, mussten den Nachweis erbringen, dass das Gefüge solchen Beanspruchungen genügt, ohne dass Risse oder Schädigungen entstehen, die eine Dauerfestigkeit im Einsatz beeinträchtigen.

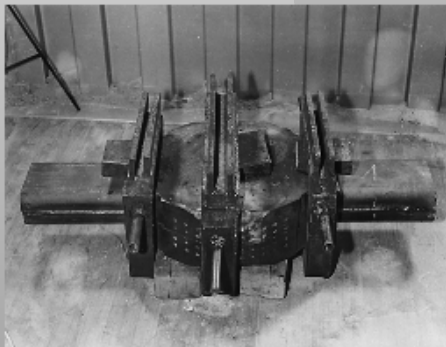
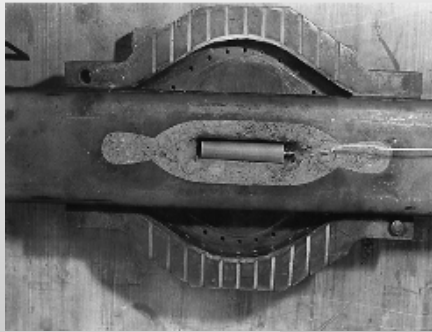
Um die hohe Umformgeschwindigkeit ohne Dämmung zu reduzieren, wurden diverse Energieübertragungsmedien gesucht, die einerseits die Umformung sichern, die Positionierung des Sprengstoffs im Achsrohr maßgenau und wiederholbar im Serienprozess übernehmen, wie auch wiederholbar und aufbereitet einsetzbar sind. Es wurden Versuche mit Kies unterschiedlicher Körnung, Rennschlacke und Schuppeneis durchgeführt. Dabei war eine schnelle Befüllung des Energieübertragungsmediums sowie eine schnelle Ausbringung und Abführung wichtig.

Ein weiterer wichtiger Komplex waren Untersuchungen zum Werkzeug, sprich Formspeicher für die Achsgeometrie. Sie mussten den Beanspruchungen stand halten und die Luftabführung sichern, um bei hoher Umformgeschwindigkeit keine Luftpolster entstehen zu lassen, die die Achsgeometrie beeinflussen könnten.

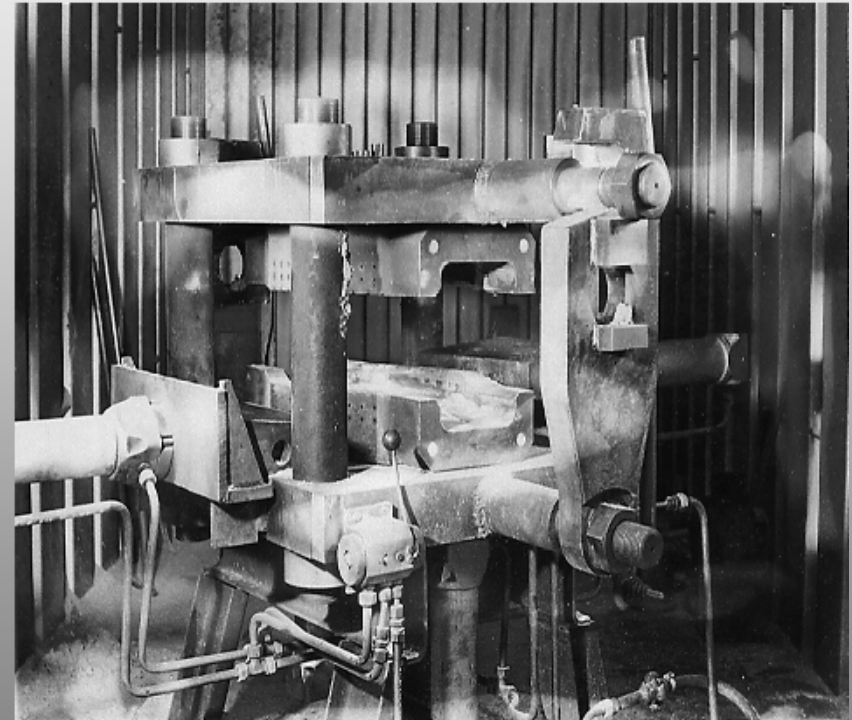
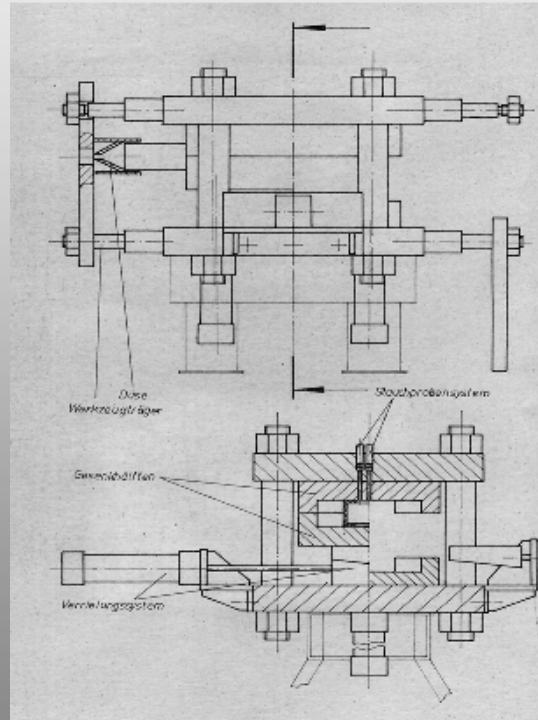
Nicht zuletzt musste ein Ausschnitt gefunden werden, der eine Befüllung mit Energieübertragungsmedium zulässt und nach dem Umformen soviel Genauigkeit besitzt, dass eine aufwändige Nacharbeit der Kontur vor der Weiterbearbeitung nicht erforderlich ist. Gleichfalls musste gefügesteig der Nachweis erbracht werden, dass Risse oder andere Deformationen im Biegebereich nicht auftreten.

7.3.1.8.5 Explosivumformung von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Versuchswerkzeug, 1. Stadium



Versuchseinrichtung, 2. Stadium



7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Serienlösung

Der Entwicklungsprozess war soweit gereift, dass neben der Diplomarbeit „Technologisches Projekt explosiv umgeformter LKW-Achsen“ von Hellmuth, Siewert, Tangermann an der TU „Otto von Guericke“ Magdeburg und der Promotion von Steinicke betrieblich 1973 ein Forschungs- und Entwicklungsthema (F/E-Thema) „Explosivumformung von W50-Achsbrücken unter staatlicher Kontrolle (Staatsplan-Thema) eröffnet wurde, das die Serienlösung zum Ziel hatte. Die Nomenklatur solcher F/E-Themen sah als wesentliche Schritte vor:

- Studie
- Entscheidung
- Grundlagenforschung
- Kleintechnischer Versuch
- Großtechnischer Versuch
- Probetrieb der Produktionsanlage
- Abschlussverteidigung und Freigabe zur Serienfertigung
- Serienbetreuung bis zum Erreichen der technisch-ökonomischen Parametern laut Lastenheft des Staatsplanthemas

Die Schritte beinhalteten jeweils Leistungsnachweise, Verteidigungen und Entscheidungen, einschließlich der ökonomischen.

Mit diesem Thema wurden die gesamten betrieblichen und außerbetrieblichen Strukturen zur Zusammenarbeit eingebunden. Die Serienfreigabe wurde 1976 erreicht.

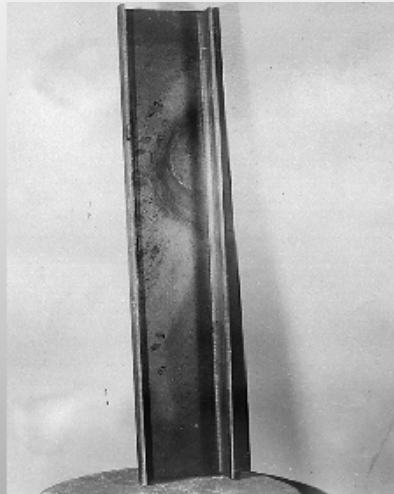
Nachfolgende Darstellungen kennzeichnen die Verfahrensschritte der neuen Technologie explosiv umgeformter Achstragkörper, mit der die Schwachpunkte eliminiert und fertigungstechnisch hohe ökonomische Ergebnisse erzielt werden konnten.

7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



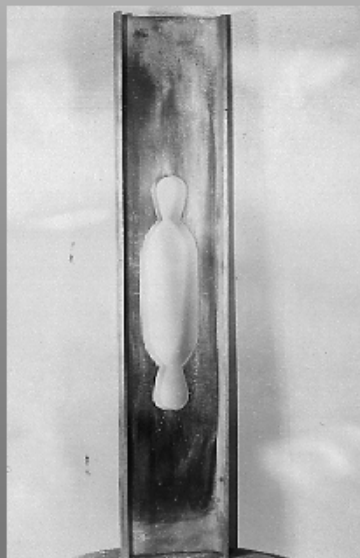
Achsrohrhälfte



Als Ausgangsprofil wurde ein, der Achsgeometrie angepasstes Sonderwalzprofil verwendet, mit Steg/Schenkel/Dicke von 170x55x9x13 mm. Es wurde in Stangen mit einer Länge von 9800 mm geliefert. Daraus folgte ein Ablängen auf 1150 mm mittels Kreissägeautomat und anschließendem Überfräsen der Profilschenkel, um Walztoleranzen auszugleichen sowie „Noppen“ zur Einhaltung des Schweißspaltes vorzusehen..

Bild 8

Formausschnitt



Das Lochen erfolgte auf einer mechanischen Kurbelpresse. Das Werkzeug war so gestaltet, dass aus Gründen der Arbeitserleichterung eine Zuführ- und Entnahmeeinrichtung vorgesehen war. Der Abfall wurde gesammelt und wurde als Ausgangsmaterial für den Zwickel verwendet.

Bild 9

7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Schweißen



Zwei Achsprofilhälften wurden durch Hochstromschweißen (Parameter waren z.B. Schweißstrom 800 A, Schweißgeschwindigkeit 1000 mm/min. , Durchschweißung 80 %) verbunden. Die gelochten Profile wurden im Ausschnitt aufgenommen um die genaue Überdeckung zu sichern. Das Schweißen zum Kastenprofil erfolgte in einer speziellen Schweißanlage in einem Durchgang unter Pulver. Die Endkraterbleche wurden automatisch entfernt.

Bild 10

Umformen



Die zum Kastenprofil geschweißten Teile wurden nach entsprechender Vorbereitung explosiv umgeformt, das Energieübertragungsmedium entfernt und die Achskörper gestrahlt. Das Explosivumformen wird separat erläutert.

Bild 11

7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Zwickel schweißen



Das Einschweißen der 4 Zwickel erfolgte durch SG (CO₂)-Schweißen mittels automatisierter Schweißeinrichtung. Wie bereits ausgeführt, wurden die Zwickel aus dem Abfall des Ausschnittes gewonnen.

Bild 12

Bild 13

Weiterbearbeitung

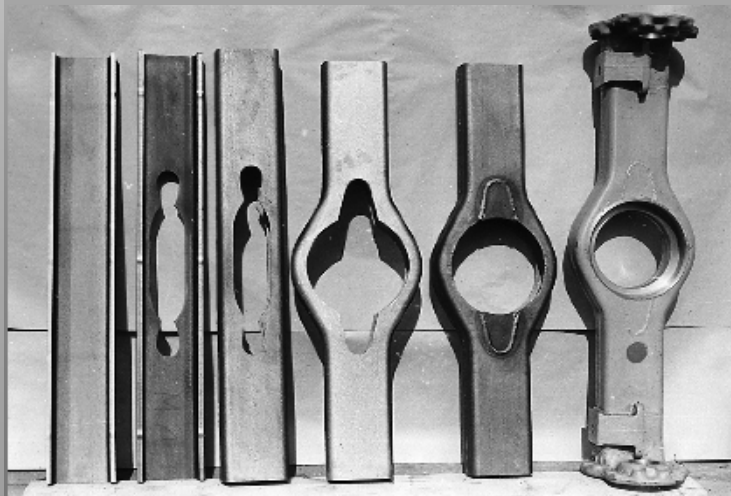


Bild 13 zeigt nochmals die Arbeitsfolge. Nach dem Schweißen der Zwickel wurde der Mittelbereich bearbeitet mit anschließendem Einschweißen des Mittelrings. Es erfolgte das Ablängen des Achsrohres und Anschweißen der Tragflansche. Komplettiert wurde der Achskörper mit den Federauflagen. Die Betriebsmittel waren jeweils mechanisiert.

Von diesem Fortschrittszustand wurde die Achsbrücke weiteren Arbeitsfolgen unterzogen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Explosivumformen

Nach dem automatischen Zuführen auf die Mehrtakt-Umformanlage wurden folgende Arbeitsschritte durchlaufen:

- Magazinieren auf Zuführrollengang von Hand mittels Hebezeug
- Selbsttätige Beschickung der Gesenkunterwagen
- Automatisches Einschießen des Energieübertragungsmediums Sand, später Renschlacke, und Einbringen des Ladungshohlraumes
- Einlegen der vorbereiteten Sprengstoffladungen von Hand (180 g Gelatine Donarit mit Zünder)
- Automatisches Eintakten der Gesenkunterwagen unter die Umformpresse, schließen des Gesenkes, anfahren der seitlichen Verdämmung, Zündkreisprüfung, Zündung der Ladung und damit umformen, öffnen des Gesenkes und weitertakten des nächsten Gesenkes unter die Umformpresse (4 x)
- Automatische Entnahme des umgeformten Achsrohres
- Automatische Säuberung und Ablage auf einen Abführrollengang
- Automatisches Grob- und Feinreinigen der Gesenkhälften
- Einstapelung in Paletten mit Hebezeug von Hand

Umformanlage

Die Explosivumformanlage bestand aus folgenden wesentlichen Elementen:

- Hydraulische Viersäulenpresse mit 1 Obergesenk zum Schließen der 4 taktenden Untergesenke
- Kernschießanlage (Gießereitechnik) zum Einschießen des Energieübertragungsmediums
- Reinigungseinrichtungen für umgeformte Achsrohre und Gesenke
- Fördereinrichtungen für Sand
- Zu- und Abführeinrichtungen für Achsrohre, ungeformt und geformt
- Zugehörig auch Sandsilos und Fördereinrichtungen und Einrichtung zur Sandaufbereitung (definiertes Befeuchten)

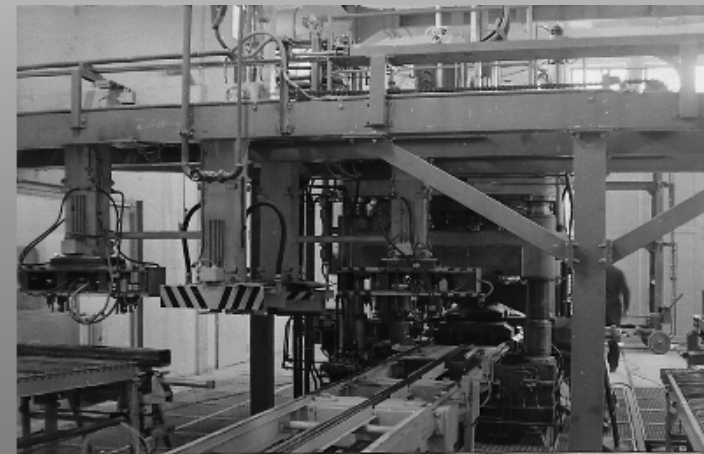
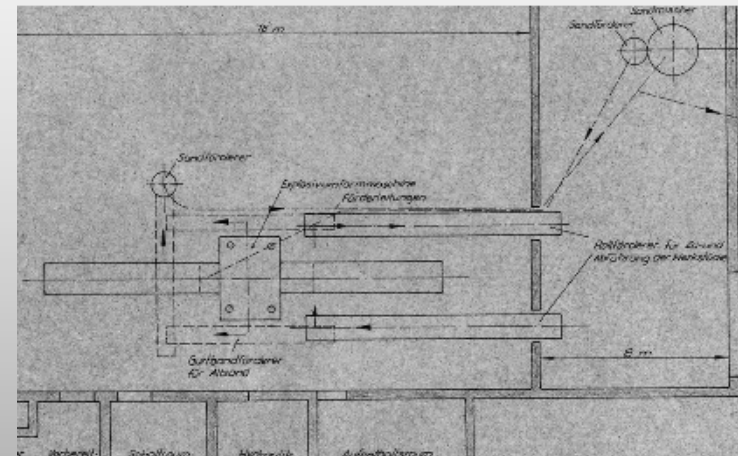
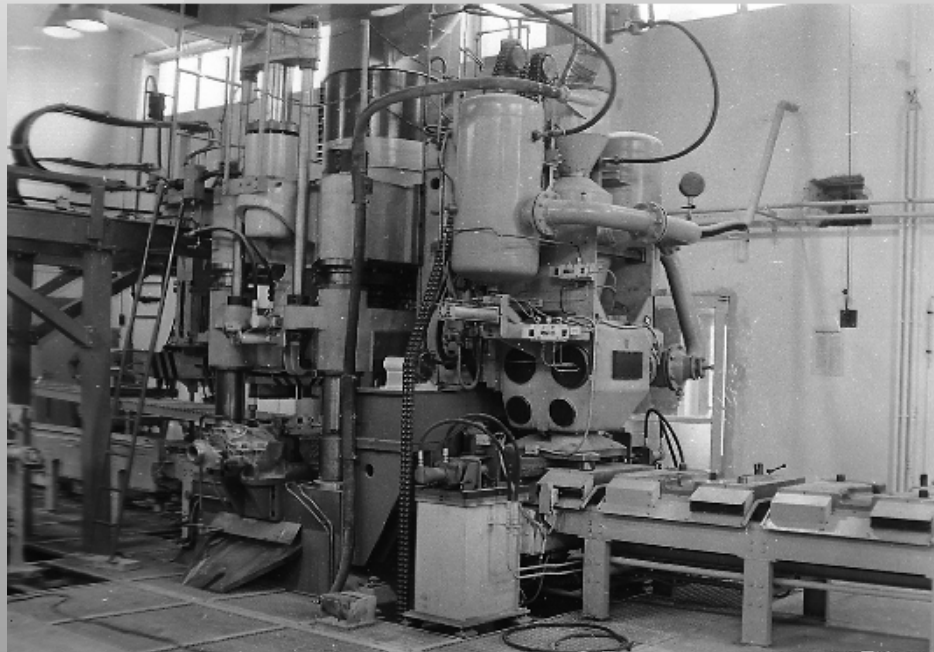
Bild 14 bis 16 zeigt wesentliche Teile des Layouts und Ansichten der Umformanlage

7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Explosivumformeinrichtung, Layout und Ansichten



7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Weitere Anwendungen

Mit der Einführung des Verfahrens in die Serienfertigung wurde die Anwendungsbreite für weitere Achsgeometrien untersucht, insbesondere Achsen für Fahrzeuge, die zum damaligen Kombinat IFA gehörten, z.B. Traktor ZT 300, Robur, oder das Nachfolgefahrzeug des IFA-W50 mit Planetenachse sowie den Achstragkörper für die getriebene Vorderachsen. Im Rahmen späterer Lizenzverhandlungen wurden Achsgeometrien für Gabelstapler (Bulgarien) und Achsen für Eton (USA) untersucht. Bild 17 zeigt Achsrohrbeispiele dieser Untersuchungen.

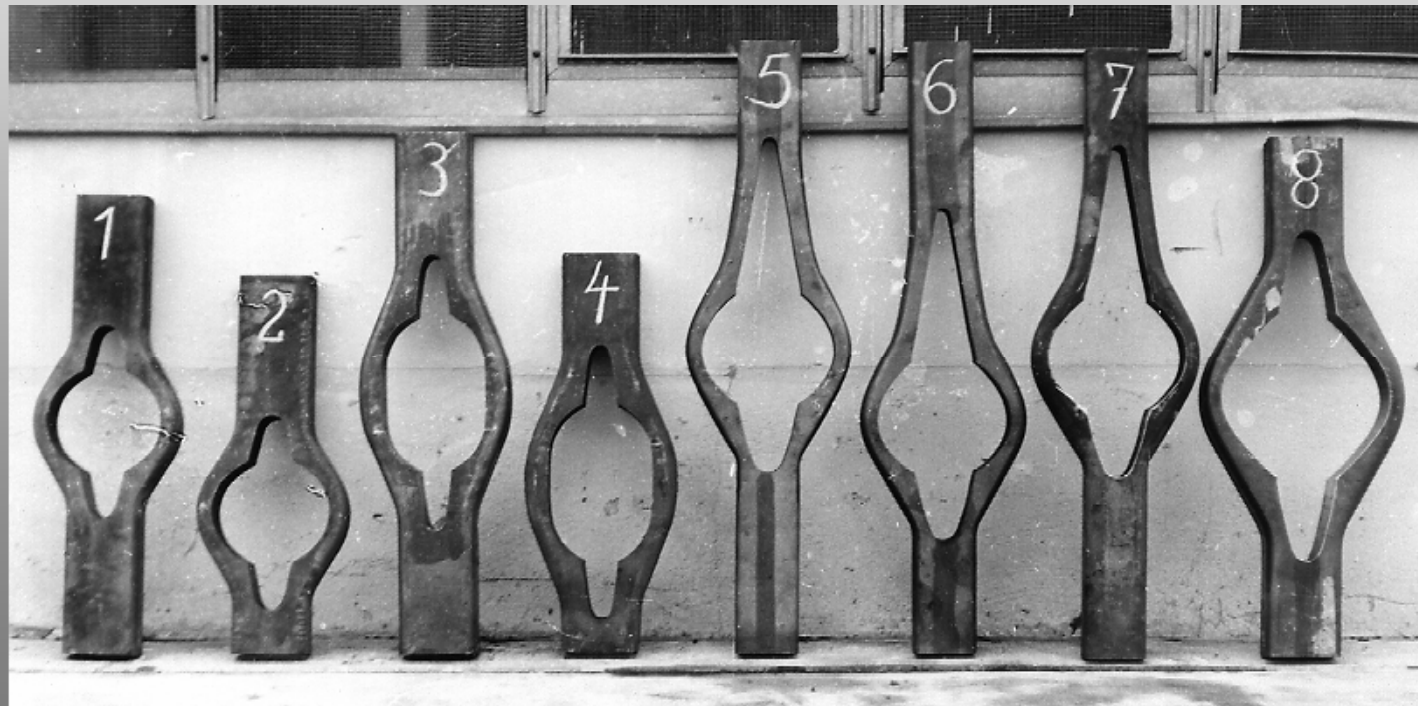


Bild 17

7.3.1.8.5 Explosivumformen von Achstragkörpern

Dipl.-Ing. Werner Hellmuth



Effektivität

Der Effektivitätsnachweis orientierte sich an unterschiedlichen Kriterien.

Betrieblich wurden Materialeinsatz, Materialkosten, Arbeitszeit, Lohnkosten, Entfall div. Schmiedeteile, Energiekosten und Verringerung der Ausschuss- und Nacharbeitskosten betrachtet.

Es wurden Kosten in Höhe von 8,5 Mio. Mark /a ermittelt (DDR-Mark).

Große Einsparungen wurden beim Anwender durch Reduzierung von Ersatzteilkosten, Reparaturkosten und Kosten durch Reduzierung von Stillstandszeiten sowie Erhöhung der Lebensdauer der Fahrzeuge erzielt.

Die der alten Achsgeometrie anhaftenden Nachteile wurden vollständig abgebaut. Kunden im In- und Ausland reagierten durchgehend positiv auf diese Veränderungen .

Schlussbetrachtung

Die erfolgreiche Anwendung des Explosivumformens in der Serie stellte in der Umformtechnik eine Pionierleistung dar. Das Verfahren wurde durch 5 Wirtschaftspatente im In- und Ausland geschützt.

Diverse Vorträge zu Tagungen sowie Lizenzverhandlungen und Veröffentlichungen zeigten ein umfangreiches Interesse an der Anwendung von Sprengstoff in der Serienfertigung in zahlreichen Ländern.

Hervorzuheben bei der Umsetzung war die engagierte Mitarbeit vieler Struktureinheiten des Betriebes, wie des Sondermaschinenbaus, der Bauabteilung, der Werkstoffprüfung, der Konstruktionsabteilung, des Fahrversuchs oder andere. Ebenso außerbetriebliche Mitarbeit, wie vom Sprengstoffwerk Schönebeck, dem Walzwerk Unterwellenborn und weiteren, ohne Anspruch auf Vollständigkeit der Aufzählung.

Im Verlauf der Fertigung von Achstragkörpern über Jahre mittels Explosivumformung und der Bestätigung der neuen Achsbrückenkonstruktion war gegeben, den Prozess weiter zu optimieren. Es gelang, die Achstragkörper für die Vorder- und Hinterachsen des W50 auf der Basis der vorgegebenen Technologie, durch mechanisches Ausbiegen herzustellen.