ARNOLD GRUPPE

SINCE 1950

ROHRGLASBEARBEITUNG MIT LASER STRAHLUNG

LABORGLAS

- fügen
- formen
- trennen
- kalibrieren
- verrunden
- beschriften
- bohren

LAMPENGLAS

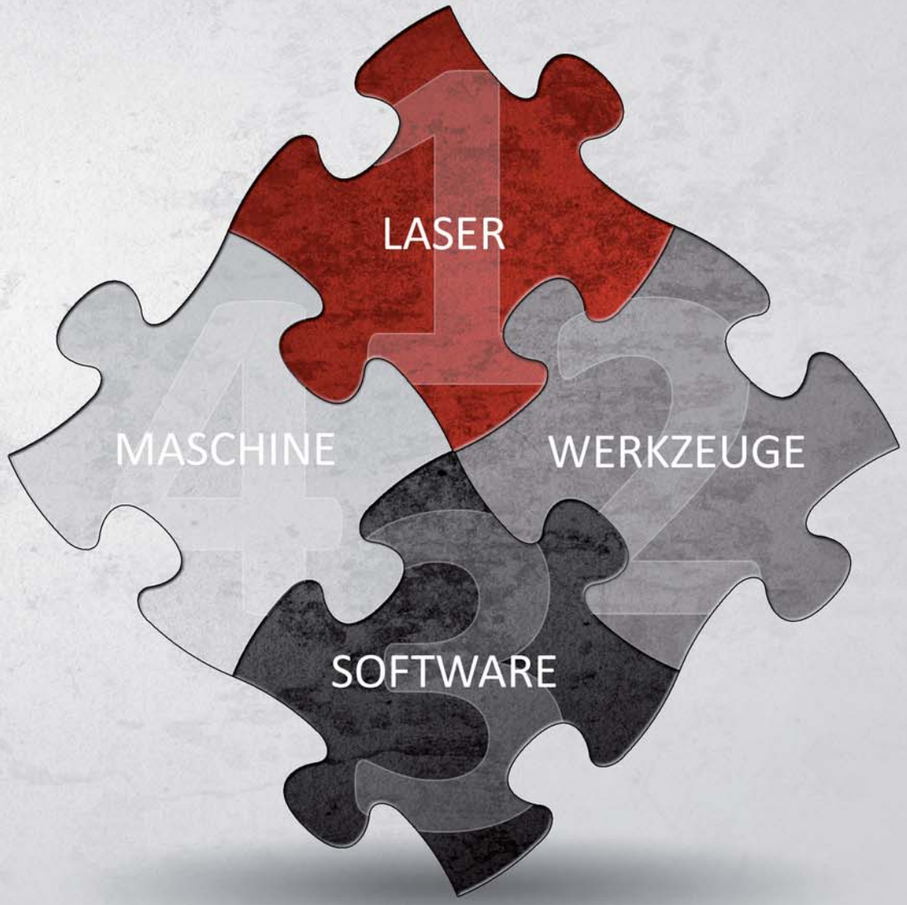
- fügen
  (auch Glas-Metall Verbindung)
- formen
- trennen
- kalibrieren
  (Wandstärke, Durchmesser)
- beschriften
- bohren
- polieren

SOLARTHERMIE

- fügen
  (auch Glas-Metall Verbindung)
- formen
- trennen

Das ARNOLD Baukastensystem

Unsere Anlagenkonzepte sind auf unserem standardisierten Baukastensystem für Glasbearbeitungsmaschinen aufgebaut und können mit entsprechenden Formwerkzeugen, Automatisierungskomponenten für das automatische Be- und Entladen der Maschinen ergänzt werden. Je nach Kundenapplikation wird die passende Laserstrahlquelle ausgewählt und implementiert. Selbstverständlich bieten wir Ihnen auch gerne individuelle Lösungen, die wir auf Ihre Fertigungsprozesse abstimmen, an.



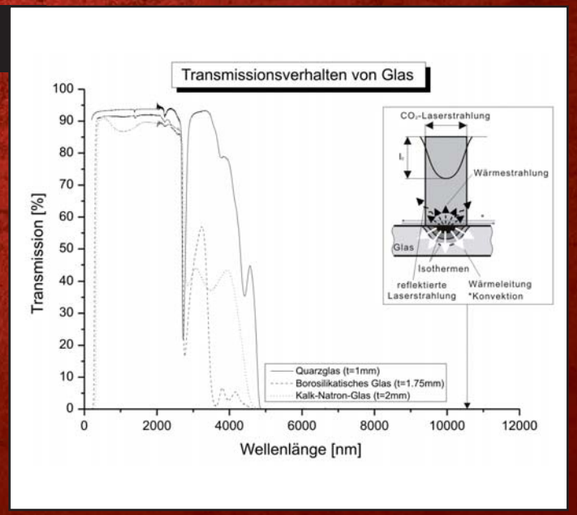
1

LASER

Einführung Laser

Bei der Bearbeitung von Glas mithilfe von Laserstrahlung kommen prinzipiell mehrere Lasertypen infrage. Gläser verhalten sich, im für das menschliche Auge sichtbaren Bereich des Lichtes bzw. im Nahinfraroten (mögliche Laserwellenlängen etwa 500nm bis 1100nm) transparent. Deshalb können sie mithilfe von Festkörperlasern, die Strahlung in diesen Bereichen emittieren, im Volumen markiert werden. Man spricht dabei von der Glasinnengravur, beispielsweise für Designanwendungen.

Soll Glas gezielt erwärmt werden, beispielsweise für Form- oder Fügevorgänge, sind CO2-Laser zu empfehlen. Sie emittieren Strahlung im mittleren Infrarotbereich. Eine für CO2-Laser typische Wellenlänge liegt bei 10600nm. Die Grafik verdeutlicht, dass sich Glas, unabhängig von der Glasart, bei Bestrahlung mit dieser Wellenlänge opak, also nicht transparent, verhält. Somit wird die Laserstrahlung an der Glasoberfläche absorbiert und/oder reflektiert. Der Anteil an Reflexion richtet sich nach der Bestrahlungssituation und dem Einstrahlwinkel und liegt etwa bei 20%. Somit werden 80% der vom Laser emittierten Strahlung an der Glasoberfläche absorbiert und in Glaswärme umgewandelt.



Anwendungen

Im heutigen Umfeld ist die Reduzierung der Fertigungskosten einer der entscheidenden Faktoren, um am globalen Markt bestehen zu können. Dies gilt auch für die glasbe- und verarbeitende Industrie. Ein wirksames Mittel zur Erreichung dieses Zieles ist die Erhöhung des Automatisierungsgrades in der Produktion bzw. die Senkung von Personalkosten. An dieser Stelle kann der Laser, der seit Jahrzehnten erfolgreich in der Automobil- und Metallindustrie eingesetzt wird, auch in der Glasindustrie einen Beitrag leisten. Einer der großen Vorteile liegt hierbei in der hervorragenden Automatisierbarkeit der Produktionsprozesse. Weiterhin ist das Werkzeug Strahlung extrem flexibel. So ist z. Bsp. durch Fokussierung der Laserstrahlung das Schneiden von Quarz oder auch Anritzen von borosilikatischen Gläsern zum anschließenden Absprengen möglich. Bei der Einstellung größerer Laserstrahldurchmesser erfolgt eine gezielte Glaserwärmung für mögliche Form- oder Fügeprozesse. Nicht zuletzt kann jede Glasart von Quarz bis AR-Glas mit einer Laserstrahlquelle bearbeitet werden.

Die wichtigsten Vorteile des Lasers im Überblick:

Vollautomatisierte Bearbeitungsprozesse
- mehrere Bearbeitungsverfahren mit „einem Werkzeug“
- fokussiert schneiden, defokussiert erwärmen
- Möglichkeit der Fertigung vom Ausgangsrohr, nicht nur mit Rohrabschnitten

Präzise Temperaturregelung bei Erwärmungsprozessen
- frei einstellbare Temperaturverläufe, angepasst an den Bearbeitungsprozess
- hohe Reproduzierbarkeit: „gleicher Prozessablauf – gleiches Prozessergebnis“
- kraftfreie Bearbeitung - kein Flammdruck

Im Prozess kein chemischer Einfluss auf das Glas
- kein Kondenswasser oder Ruß
- keine Verschmelzspannungen

Gezielte und effiziente Energieeinbringung in das Glas
- schnelle Erwärmung
- keine / geringe Erwärmung der Maschinenperipherie

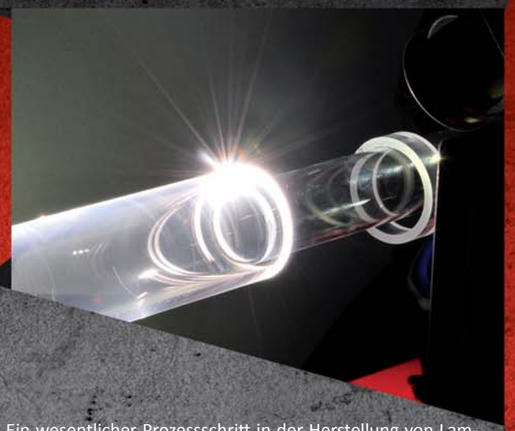
Einstellbare Intensitätsverteilung in der Erwärmungszone
- Erwärmungszone am Glas kann eingestellt werden z. Bsp. linienförmig, kreisrund, elliptisch etc.

Hohe Kosteneffizienz
- durch systembedingte Flexibilität
- kurze Bearbeitungszeiten
- ggf. Mehrfachnutzung eines Lasers auf mehreren Bearbeitungsmaschinen
- wartungsarm bzw. wartungsfrei

Laborglas

In der Laborgerätefertigung sind oftmals mehrere Prozessschritte notwendig, um zum finalen Produkt zu gelangen. So werden beispielsweise bei der Herstellung von Thermometern Rohrgläser zunächst verjüngt, in der verjüngten Zone getrennt und anschließend an dieser Stelle mit Rohrgläsern, die dem verjüngten Durchmesser entsprechen, gefügt. Im Fertigungsverlauf müssen weiterhin die Enden des großen und kleinen Rohrdurchmessers verschlossen werden. Somit sind mehrere Heißglasprozesse wie beispielsweise Form- und Fügevorgänge umzusetzen. Hier kann der Laser mithilfe einer Temperaturregelung genutzt werden, um reproduzierbare und kontinuierlich gleich aussehende Bearbeitungsergebnisse zu liefern. Dabei wird die Glastemperatur mithilfe eines Pyrometers erfasst und in einem Regelkreis verarbeitet. Über die Regelung werden dem Laser dann kontinuierlich neue Leistungswerte vorgegeben. So ist es möglich, reproduzierbar und ohne Glasbruch die Verarbeitungstemperatur des Glases innerhalb weniger Sekunden zu erreichen, was die Prozesszeiten signifikant verkürzt. Der zwischengeschaltete Trennschritt in der beschriebenen Verjüngungszone kann inline im Gesamtfertigungsprozess durchgeführt werden. Dabei wird mithilfe einer motorisch verfahrbaren Fokussierlinse der Laserstrahldurchmesser verringert und das verjüngte Rohrglas geschnitten. Eine Entnahme der Probenkörper aus der Maschine während des Fertigungsprozesses entfällt, was die Fertigung vom langen Rohr ermöglicht. Da es sich bei Laserstrahlung um elektromagnetische Strahlung handelt, entfällt jedweder chemischer Einfluss auf das Glas. Es treten weder Kondenswasser, Ruß noch das Einbringen von Verbrennungsrückständen auf, wie sie von der Brennererwärmung bekannt sind.

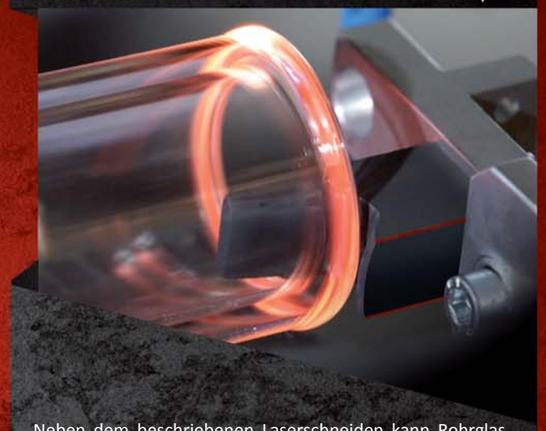
Lampenglas



Ein wesentlicher Prozessschritt in der Herstellung von Lampenglas ist das Schneiden von Rohrglas. Das Schneiden wird hierbei je nach Glasart unterschiedlich umgesetzt. Während Gläser mit höheren Ausdehnungskoeffizienten thermoschockgetrennt oder geritzt und gebrochen werden, wird Quarzrohr typischerweise gesägt. Hierbei wird ein meist wassergekühltes Kreissägeblatt durch das Rohrglas geführt. Aufgrund der werkzeugbedingten Krafteinbringung werden kleine Teile aus dem Rohr, nahe der Schnittkante, herausgebrochen. Je nach Weiterverarbeitung muss die gesägte Kante nachgearbeitet werden, was Schleifprozesse bzw. das Feuerpolieren beinhaltet. In beiden Fällen ist oftmals das Waschen und Trocknen der Rohre zur Entfernung von Glassplittern notwendig.

Im Gegensatz dazu sind beim Laserschneiden von Rohrglas keine zusätzlichen Prozessschritte notwendig. Der Laserstrahl wird fokussiert und zur Verdampfung des bestrahlten Glasmaterials genutzt. Die Kontamination des Glasrohrs durch entstehenden Schmauch wird durch eine effiziente Absaugung vermieden. Eine Werkzeugabnutzung wie beim Sägen oder Ritzen und Brechen tritt nicht auf. Die Schnittzeiten liegen je nach Rohrdurchmesser und Wandstärke bei wenigen Sekunden. Das getrennte Rohrglas kann nach dem Laserschnitt sofort entnommen und weiterverarbeitet werden. Nachbearbeitungsschritte wie in der derzeitigen Fertigung sind nicht notwendig. Deshalb entfällt beim Laserschneiden unter anderem die notwendige Infrastruktur zur Reinigung der Rohrgläser inklusive entsprechender Wasseraufbereitung.

Solarthermie



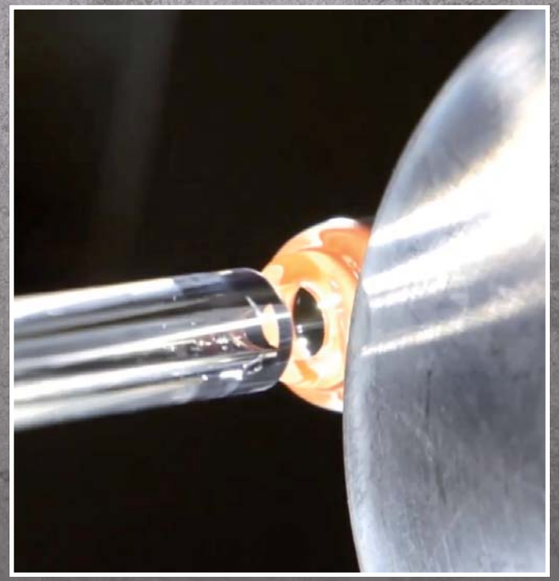
Neben dem beschriebenen Laserschneiden kann Rohrglas mithilfe von Laserstrahlung auch für komplexere Formvorgänge erwärmt werden. So wird die Lasererwärmung beispielsweise in der Herstellung von Sydney-Röhren verwendet. Hierbei werden zwei Rohrgläser unterschiedlicher Durchmesser konzentrisch angeordnet und stirnseitig erwärmt. Mithilfe eines Formwerkzeuges, in diesem Fall ein Auftreiber, wird eines der Rohre umgebördelt und anschließend mit dem zweiten Rohrglas gefügt. Dabei entsteht ein abgegrenzter Raum zwischen beiden Rohren, der zur Verringerung von Wärmeverlusten des späteren Solarröhrenkollektors evakuiert werden kann. Der Vorteil des Lasers besteht bei diesem Prozess neben der präzisen und zügigen Erwärmung der Gläser in der geometrischen Begrenztheit der Erwärmungszone. Daher kann das Formwerkzeug während der Erwärmung in Eingriff gebracht werden, ohne selbst eine direkte Erwärmung zu erfahren.

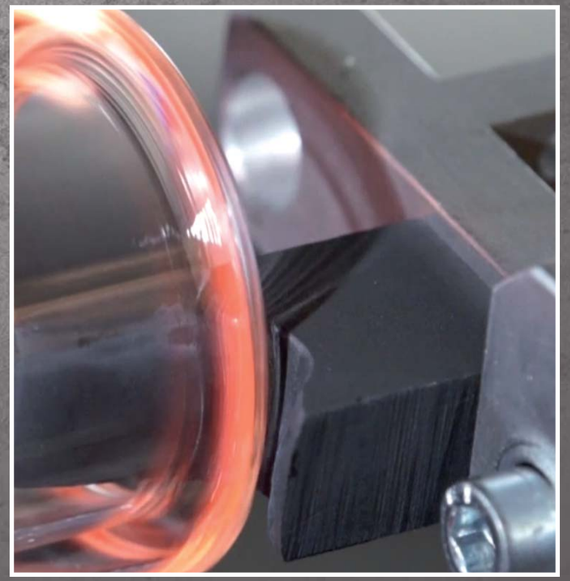
Weiterhin können Rohrgläser im Stumpfstoß, analog zur Brennererwärmung, mittels Laser gefügt werden. Ein besonderes Highlight ist die Herstellung von Glas-Metall-Verbindungen, die ebenfalls in der Solarthermie eingesetzt werden. Da hier voroxidierte metallische Fügepartner zum Einsatz kommen, ist die Vermeidung der Beeinflussung der Oxidschicht ausschlaggebend. Eine streuende Brennerflamme beeinflusst diese Oxidschicht im Fügeprozess, im Fall dünnwandiger Metallbauteile kann im schlimmsten Fall die Zerstörung durch das Einbrennen von Löchern auftreten. Auch an dieser Stelle ist die einstellbare und geometrisch begrenzte Erwärmungszone bei der Lasererwärmung zielführend.

WERKZEUG 2

Arnold Formwerkzeuge

Aufgrund der definierten Wärmeeinbringung bei Verwendung von Lasern bei der Rohrglaserwärmung können Formwerkzeuge oftmals während des Aufheizens in Eingriff gebracht werden, was zu einer Verkürzung der Prozesszeit führt. Als Materialien für Formwerkzeuge können z. Bsp. Grauguss, Graphit oder Edelstahl zum Einsatz kommen. Die Auswahl richtet sich nach dem Prozess und der zu formenden Glasart.





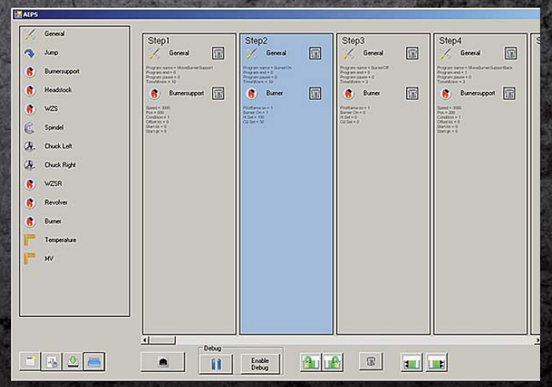
SOFTWARE

Anold AEPS+

Im Zuge der Einführung von Laserbearbeitungsanlagen wurde auch die Art und Weise der Steuerung von Arnold-Maschinen grundlegend überarbeitet. So ist es nun möglich, frei programmierbare Prozessabläufe mithilfe einer grafikbasierten Programmieroberfläche per Drag&Drop zu erstellen. Fest programmierte Schrittketten, die nur einen eingeschränkten Eingriff in den jeweiligen Bearbeitungsprozess der Maschine erlauben, gehören somit der Vergangenheit an.

AEPS+ kann auf jedem handelsüblichen Rechner installiert werden und stellt die Kommunikation zur Maschinensteuerung (SPS) über eine Netzwerkverbindung her. Die eigentliche Erstellung der vollautomatischen Programmabläufe erfolgt dann mittels Drag&Drop. Hierbei wird aus einem definierten Werkzeugkasten (Bild, linke Spalte) das Symbol für die jeweils anzusteuernde Hardware ausgewählt und in den gewünschten Programmschritt (Bild, rechte Seite) gezogen und dort anschließend parametriert.

Wie auf dem im Bild dargestellten Beispielprogramm wird im ersten Schritt (Step1) die Achse für den Brennersupport mit 3000mm/min auf Position 600mm gefahren. Im nächsten Schritt wird der Brenner eingeschaltet, auf die dort definierten Durchflusswerte hochgerampt und für 10 Sekunden mit dieser Leistung betrieben. Der dritte Schritt beinhaltet das Ausschalten des Brenners. Im vierten Schritt



wird der Brennersupport auf die Position 200mm gefahren und der Ablauf beendet. Das erstellte Programm wird nun per Knopfdruck an die Maschinensteuerung übergeben. Nach der Übertragung ist der Rechner nicht mehr notwendig, da die Abarbeitung von der Maschinensteuerung übernommen wird.

Die Vorteile eines Einsatzes von AEPS+ im Überblick:

1. Erstellung bzw. Änderung von Programmabläufen ohne externe Softwareentwickler
- keine Herausgabe von internem Prozess Know-How
- Hohe Flexibilität und Unabhängigkeit
- Sehr kurzfristige Reaktionszeit bei dringend erforderlichen Anpassungen von Prozessparametern
- hohe Kosteneinsparungen
- Rechteverwaltung

2. Intuitive graphische Maschinenprogrammierung per Drag&Drop
- Keine Programmierkenntnisse bei Anlagenbedienern bzw. Prozessspezialisten erforderlich
- Erstellung neuer / Anpassung bestehender Programmabläufe in kürzester Zeit ohne Einarbeitung möglich
- Ablaufprogrammierung erfolgt auf handelsüblichem Notebook / PC
- Theoretisch unendlich viele Programmabläufe können erstellt werden
- Redundante Sicherung der erstellen Prozessabläufe auf externen Medien möglich

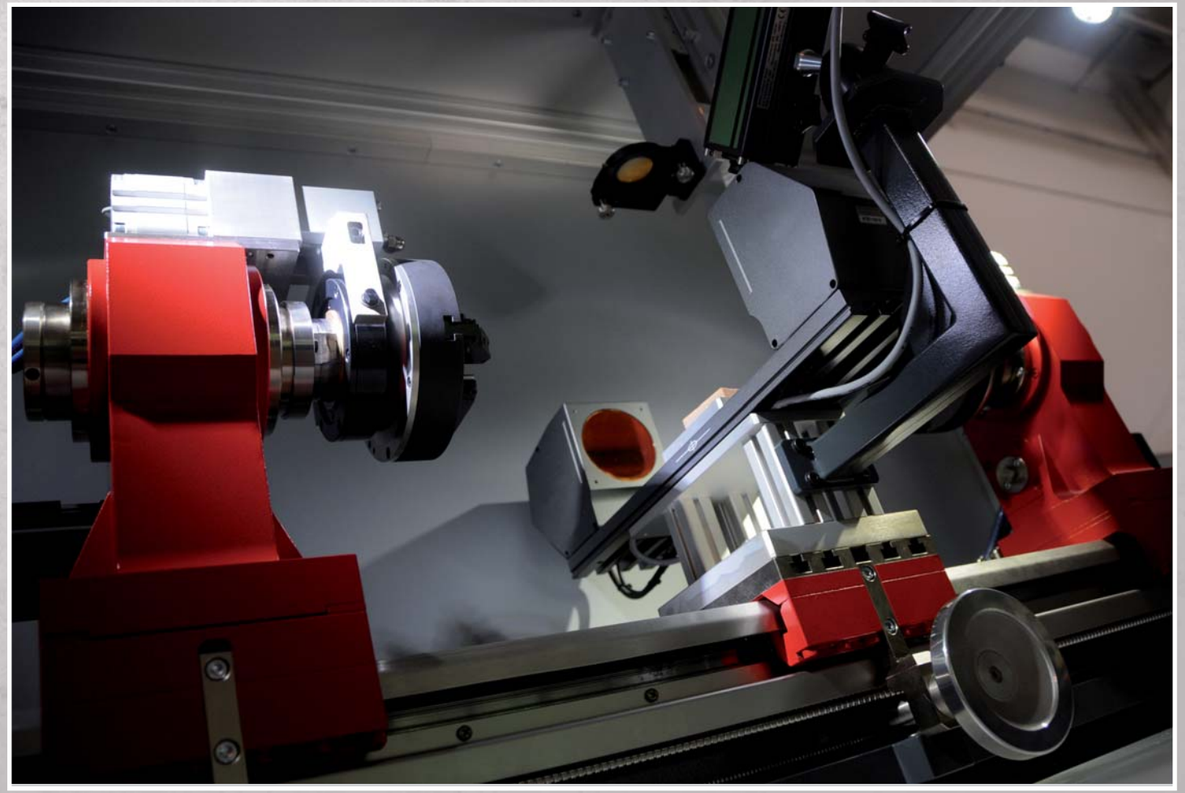
Fazit:
Durch den Einsatz von AEPS+ können neue Bearbeitungsprozesse effizient entwickelt und umgesetzt werden. Weiterhin können bestehende Prozessabläufe einfach und schnell geändert werden, woraus eine effizientere Nutzung der bestehenden Produktionsmaschine resultiert. Zudem wird die gesamte Maschinenhardware für den Anlagenbediener bzw. Prozessspezialisten frei zugänglich gemacht. Somit kann das Maschinenpotential uneingeschränkt ausgenutzt werden. Aufgrund der intuitiven Bedienung liegt der Fokus nicht mehr auf der eigentlichen Maschinenprogrammierung. Stattdessen steht nun der Fertigungsprozess im Vordergrund.

4 MASCHINE

Arnold Drehmaschinen

Arnold-Glasdrehmaschinen werden in der Laborglas-Herstellung und Elektronikindustrie für Ansetz-, Form- und Einschmelzarbeiten eingesetzt. Außerdem finden sie Anwendung in der Quarzglasindustrie für das Außenkalibrieren großer, langer Rohre sowie für Ansetz- und Umformarbeiten mit spezieller Werkzeug- und Maschinenausstattung. Ein weiterer Anwendungsbereich ist die Faser-Industrie mit speziellen Maschinenkonzepten für die jeweiligen Verfahrensschritte.

Je nach Anwendungsfall und Kundenwunsch hinsichtlich der Taktzeitanforderung können Glasdrehmaschinen mit Kugelgewindetrieben oder Linearmotoren ausgestattet werden. Diese Antriebsvariante zeichnet sich durch hohe Beschleunigungswerte und Endgeschwindigkeiten aus. Aufgrund der berührungslosen Übertragung der Antriebskräfte zwischen Arbeitskopf und Maschinenbett arbeiten diese Antriebe nahezu verschleißfrei.



Arnold P1040 Laser

Die P1040 Laser basiert auf der Arnold Standard Glasdrehmaschine P1040. Diese universell einsetzbare Präzisions-Glasdrehmaschine eignet sich insbesondere für Laseranwendungen zum Beispiel in der Labor- und Lampenglasindustrie. Mögliche Bearbeitungsprozesse sind unter anderem Fügen, Formen, Trennen, Flansch- /Gewindeherstellung, Kalibrieren, Bohren. Das System verfügt über ein stabiles, verwindungssteifes Maschinenbett und eine für jeden Arbeitskopf getrennte Antriebstechnik. Mithilfe einer motorisierten Achse zur Aufnahme der Fokussieroptik ist eine stufenlose Einstellung des Laserstrahldurchmessers möglich. Die Maschine ist als kompakte Einheit einschließlich Laser und Maschinensteuerung aufgebaut und kann wahlweise im manuellen Betrieb oder auch im vollautomatisierten Betrieb, beispielsweise durch Bauteilbe- und Entladung mittels Industrieroboter, betrieben werden.

Maschinenaufbau

- Maschinenaufbau auf einem stabilen Grundrahmen zur Aufnahme der Glasdrehmaschine, Lasersystem einschließlich Strahlführung sowie Steuerung, Medienversorgung und erforderliche Schutzeinrichtungen als kompakte Einheit.
- Glasdrehmaschine mit einem stabilen, verwindungssteifen Maschinenbett mit aufgesetzten Präzisions-Linearführungen auf einer Aluminiumgrundplatte aufgebaut.
- Geschlossene Edelstahlabdeckung über der Bettführung zum Schutz gegen Verschmutzung und Hitzeeinwirkung.
- Die beweglichen Maschinenaufbauten (Arbeitsköpfe links und rechts) sind auf vorgespannten Führungswagen gelagert. Die Arbeitsköpfe verfügen über Schnellspanneinrichtungen zum automatisierten Öffnen und Schließen der Kranzspannfutter
- Inklusive aller erforderlichen Laser-Schutzeinrichtungen mit 2 manuellen Schiebetüren im Werker-Einlegebereich für einen großzügigen Zugang in den Prozessbereich. Auslegung der Schutzeinrichtung für einen sicheren Betrieb der Laseranlage gemäß Sicherheitsvorschriften.
- Automatische Fokuspunktjustage auf unterschiedliche Bauteildurchmesser oder Wechselbetrieb Schneiden – Fügen – Formen möglich.

Technische Daten	P1040
Ø Spindelbohrung	42 mm
Spitzenhöhe über Support	200 mm
Werkstücklänge zw. Futter	750 mm
Spindeldrehzahl	bis 300 1/min.
Laserleistung	variabel

Antriebstechnik

- Jeder Spindelstock besitzt einen eigenen AC-Servomotor, der über einen Zahnriemen direkt die Spindel antreibt.
- Die Spindelstöcke verfügen über folgende Betriebsarten
- Synchronantrieb beider Spindelköpfe (Regelbetrieb) oder
- Einzelbetrieb jedes Spindelkopfes
- Der Antrieb der Arbeitsspindeln gewährleistet auch im unteren Drehzahlbereich eine exakte Regelung.
- Arbeitsköpfe mit je einem eigenen AC-Servomotor und integriertem Wegmeßsystem. Die Positionierung der Arbeitsköpfe erfolgt frei programmierbar über die Maschinensteuerung.

Lasertechnik und Strahlführung

- Rofin Sinar CO2-Laser
- Der Laser wird entsprechend der Kundenapplikation ausgewählt.
- Kühlaggregat zur geregelten Kühlung des Lasers.
  Die Kühlung erfolgt im Umwälzbetrieb.
- Strahlführung mithilfe eines Spiegelsystems vom Laser über eine Fokussieroptik bis zum Werkstück.

Regelungs- und Steuerungstechnik

- Die Ansteuerung der Maschine erfolgt über eine im Anlagen-Schaltschrank integrierte Siemens SimaticS7 SPS-Steuerung.
- Prozess-Programmierung und –Visualisierung über Lenze OPC Touch Panel.
- Programmierung über Arnold AEPS+. Prozessabläufe und Prozessparameter können dabei ohne Vorkenntnisse von SPS-Programmiersprachen oder ähnlichem programmiert werden.
- Option: Pyrometer zur Überwachung des geregelten Prozessablaufes während der Erwärmung bzw. bei Füge- oder Formprozessen für reproduzierbare Prozesskennlinien im Automatikbetrieb.

Arnold NC56 Laser

Die NC56 Laser basiert auf der Arnold Standard Glasdrehmaschine NC56. Diese numerisch gesteuerte Präzisions-Glasdrehmaschine eignet sich besonders für Laseranwendungen wie z.B. dem Fügen (Glas-Glas und/oder Glas-Metall) und Formen von größeren rohrförmigen Bauteilen zum Beispiel in der Solarindustrie oder im chemischen Apparatebau. Die Maschine verfügt über ein stabiles und verwindungssteifes Maschinenbett sowie eine für jeden Arbeitskopf getrennte Antriebstechnik. Der Laser inklusive des erforderlichen Kühlaggregats ist als separat stehende Einheit adaptiert. Über Strahlweichen ist ein Mehrmaschinenbetrieb mit nur einem Lasersystem möglich. Dabei kann während der Be- oder Entladung an einer Glasdrehbank mit dem Laser parallel auf einer zweiten Glasdrehbank produziert werden. Eine hohe Maschinengenauigkeit wird durch den Einsatz eines schweren und verwindungssteifen Maschinenbettes in Schweißkonstruktion sowie durch Präzisions-Linearführungen und -Maschinenelemente erreicht.
Optional ist eine pneumatische Futterbetätigung zum automatisierten Öffnen und Schließen der Schnellspannfutter verfügbar. Weiterhin kann ein zusätzlicher NC-gesteuerter Werkzeugsupport verbaut werden. Dieser dient zur Aufnahme z. Bsp. von einfach oder mehrfach Formwerkzeugen mit Wechselsystem zum Formen von Glasröhren oder für die Rohrendenbearbeitung mit Auftreibwerkzeugen. Die Maschine kann wahlweise im manuellen Betrieb oder auch im voll automatisierten Betrieb, z. Bsp. mit einem automatischen Be- und Entladesystem der Bauteile, betrieben werden.

Technische Daten	NC56	Optionen
Durchmesser der Spindelbohrung	162 mm	102 / 122 / 202 mm
Spitzenhöhe über Support	450 mm	
Werkstücklänge zwischen Futter	1.100 mm	Kundenspez.
Spindeldrehzahl	bis zu 500 1/min.	
Laserleistung	variabel	

Arnold 75/01 Lasertrennanlage

Die Arnold 75/01 wurde konsequent auf die Applikation des Rohrglastrennens mit hohem Output hin entwickelt. Nach der manuellen Beladung eines Magazins werden die Rohre automatisiert vereinzelt und mittels Greifersystem in die eigentliche Schneideinheit transportiert. Hier können automatisch unterschiedliche Rohrlängen und Durchmesser, auf bis zu 4 simultan arbeitenden Positionen, geschnitten werden. Die lasergeschnittenen Rohre werden anschließend mithilfe eines zweiten Greifersystems entnommen und einer optionalen Verschmelzlinie zugeführt. Dort werden die Rohrglaskanten mithilfe von Brennern verrundet.

Neben der manuellen Be- und Entladung (optional: Bauteilbe- und Entladung durch Industrieroboter) arbeitet das System vollautomatisch. Während des Laserschneidens auftretendes Sublimat wird innerhalb und außerhalb der Glasrohre direkt im Schneidbereich abgesaugt. Zur Erzielung hohen Outputs sind die Arbeitsköpfe der Laserschneideinheit mit Linearmotoren ausgestattet, welche hohe Beschleunigungen und Endgeschwindigkeiten sowie eine exzellente Positioniergenauigkeit in sich vereinen.

Wenn Laser-Fertigungstechnik ein Thema für Sie ist, unterstützen wir Sie gerne mit unserem Know-how. In unserem Unternehmen in Weilburg/Lahn haben wir eine Laser-Fertigungszelle aufgebaut, die Ihnen gemeinsam mit unseren Prozess-Spezialisten zur Validierung des Laserprozesses an Ihren Teilen zur Verfügung steht. Auf Wunsch steht diese Zelle auch als Job-Shop zur Unterstützung Ihrer eigenen Produktionskapazitäten bereit.

ARNOLD GRUPPE
SINCE 1950

HERBERT ARNOLD GMBH & CO. KG
Weilstr. 6, 35781 Weilburg

Telefon: + 49 (0) 64 71 / 93 94 0
Telefax: + 49 (0) 6471 / 20 65
Internet: www.arnold-gruppe.de