

2. Position 2 : Der linke Anschlussbolzen wird in der Trommeln wird so positioniert das sein Ende in Richtung der Brennernadel zeigt. Wenn diese Position erreicht ist wird der Schweißstrom gestartet und somit das ende des Anschlussbolzen erhitzt.



Abbildung 39 : Brenner + Bolzen

3. Position 3 : Nachdem das Material des Anschlussbolzen etwa 1800° Grad Celsius erreicht hatte, wurde die Heizwendel samt der Trommel so in Richtung des Anschlussbolzens verschoben, dass das Ende der Heizwendel etwa 2-3mm in den glühenden Anschlussbolzen eingetaucht wurde.



Abbildung 40 : Nach Schweißen

4. Position 4 : Nachdem der Heizwendel abgekühlt ist und sich die beiden Werkstoffe unlösbar miteinander verbunden haben, wird der Anschlussbolzen durch eine Zugbewegung der Heizwendel aus seiner Form gezogen. Das andere Heizwendelende und Anschlussbolzen werden so positioniert das auch sie verschweißt werden können.



Abbildung 41 : Foto Rechts Schweißen

Nachdem der zweite Anschlussbolzen mit der Heizwendel verschweißt wurde, fährt das System in die Auswurfposition. Hiefür wird die Heizwendeltrommel in

Mittelstellung gebracht und über Kopf gedreht. In dieser Position werden dann die Miniaturzylinder geöffnet und der Heizwendel wird durch die Gravitation beschleunigt und fällt aus der Form hinaus auf ein Blech, von dem es in eine Schale befördert wird.

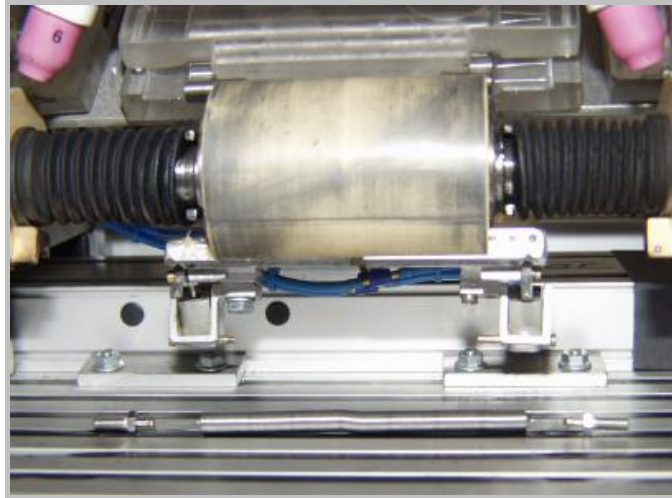


Abbildung 42 : Foto Auswurf der fertigen Heizwendel

Alle beschriebeneren Anbauteile der automatischen Schweißvorrichtung sind so konstruiert, dass sie justierbar miteinander verbunden werden. Das erfordert zwar etwas Feingefühl bei der Ausrichtung der Vorrichtung, jedoch wurden weitere Werkzeuge konzipiert, die als Hilfsmittel zum Ausrichten dienen.

Allgemein kann man sagen, dass sich der Einsatz der Edelstahlwelle mit Längsnut, ihren Anbauteilen wie etwa Drehmomentkugelbüchsen, Wellenböcken und deren Lager bewährt hat. Es stellt ein System dar, dass in zwei Richtungen beweglich ist und trotzdem spielfrei und absolut leichtgängig arbeitet. Die Führungseigenschaften der Bauteilmagazine sind voll ausreichend, um die Taschenförmigen Bauteilformen zu bedienen. Während des Fertigungsprozesses werden die Bauteile mit hoher Präzision geführt, die auch notwendig ist um den Schweißprozess zu handhaben. Die Konstruktion mit der die translatorische Kraft auf die Heizwendeltrommel übertragen wird hat sich ebenso bewährt wie der Einsatz der pneumatischen Zylinder der Serien ADVC und DZH mit ihren Anbauteilen. Die entwickelte Konstruktion stellt insgesamt ein hochwertiges und präzises System dar, welches mit hohen dynamischen Kennwerten belastet werden kann. Somit ist der mechanische Teil der Konstruktion fertig und es können folgend die elektrischen Komponenten beschrieben werden.

7. Elektrotechnik

7.1 Speicher programmierbare Steuerung

Die Steuerung der automatischen Schweißvorrichtung wird mit der freiprogrammierbaren Steuerung SLC 500 durchgeführt. Das Human-Machine-Interface wird mit einem Panel View 600 Color Keypad+Touch realisiert, welches per RS232 angesteuert wird. Um die Kompatibilität zu den bisher verwendeten Steuerungen in der Produktion der CLAGE GmbH weiter zu gewährleisten, wurde nach einer Untersuchung hinsichtlich der zu erwartenden Zykluszeiten und der zu bedienenden Prozesszeiten auf eine Marktrecherche für Steuerungen verzichtet .

Das verwendete System SLC 500 von Allen Bradley ist eine kleine, modulare Produktfamilie speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS) und E/A – Einheiten von Rockwell-Automation für die Chassismontage. Sie umfasst Prozessoren, E/A – Module und Peripheriegeräte. Diese Prozessorfamilie bietet eine starke Leistung und hohe Flexibilität sowie eine Vielfalt von Kommunikationskonfigurationen, Leistungsmerkmalen und Speicheroptionen.

Bei der Abschätzung, welcher Prozessor leistungsfähig genug ist, um den Schweißprozess zu steuern, wurde wie folgt vorgegangen. Zuerst wurde ermittelt welche Antwortzeiten das System benötigt um den Fertigungsprozess so gestalten zu können, dass auch eine möglichst feine Parametrierung der zeitlich kritischen Abläufe möglich ist. Die zeitlich kritischste Phase im Schweißprozess ist kurz vor dem Eintauchen des Heizwendels in den glühenden Anschlussbolzen. In dieser Phase sind die zeitlich kritischsten Einflüsse :

1. Impuls für die Einschaltdauer der Schweißstromquelle beeinflusst Wärmeverteilung in Anschlussbolzen. Das Schweißgerät selber hat Antwortzeiten im Bereich von 10 ms.
2. Servoantrieb muss im richtigen Moment Impuls zur Abfahrt bekommen können. Denn entscheidend für die Qualität der Schweißung ist die Zeit zwischen Eintauchen der Heizwendel in den Bolzen und Erlischen des Brennerfeuers. In dieser Zeit entscheidet sich nämlich, ob das Heizwendelende abbrennt, sich eine

Haut auf der glühenden Oberfläche des Bolzens entsteht die einen Krater verursacht oder ob der Heizwendel im richtigen Moment eintaucht. Um diesen Prozess fein genug parametrieren zu können, wurde ein Zeitraster von 10 ms angenommen.

Die zeitlich kritischsten Phasen müssten also in einem Raster von 10 ms angesteuert werden. Da die Steuerung als übergeordnetes Leitwerk aber etwa fünf mal schneller sein sollte als der Prozess, wird eine maximale Zykluszeit der Steuerung von 2 ms akzeptiert.

Der eingesetzte Prozessor SLC 5/05 verfügt über eine Bitausführungszeit von 0.37 Mikro Sekunden. Die typische Abfragezeit beträgt 0,9 ms/K. Diese Abfragezeiten sind typisch für ein Kontaktplanprogramm von 1 K mit einfacher Strompfadlogik und Kommunikationsverarbeitung. Die tatsächlichen Abfragezeiten sind von Programmgröße, verwendeten Befehlen und erweitertem Kommunikationsprotokoll abhängig.

Aus Erfahrung kann gesagt werden das 0.5 K Programmierbefehle ausreichen sollten um den Schweißautomaten zu steuern. Die Steuerung ist zwar an zwei Netzwerke angeschlossen, da aber da ausschließlich digitale Ein- und Ausgabe Baugruppen verwendet werden, ist eine kurze Zykluszeit zu erwarten.

Technische Daten	SLC 5/05
Speichergröße (in Worten)	L551: 16K L552: 32K L553: 64K
Netzteilast	1.0 mA/5 V DC 200 mA/24 V DC
Max. E/A-Kapazität	4096 diskrete Ein- und Ausgänge
Max. zentrale Chassis/Steckplätze	3/30
Integrierte Kommunikation	Ethernet u. RS-232
Programmierung	
Programmierbefehle	107
Typische Abfragezeit ⁽¹⁾	0,9 ms/K
Programmabfrage-Haltezeit nach Stromausfall	
Bitausführung (XIC)	0,37 µs

Tabelle 43 : Technische daten SLC 5/05



Abbildung 44 : SLC 500 Produktfamilie

Im folgenden wird die Chassis Belegung erläutert. Grundlage dafür bildet ein 7 Slot Chassis in das links ein Netzteil zur Bereitstellung der internen Stromkapazität wahlweise mit 2/5/10A-24VDC montiert wird.

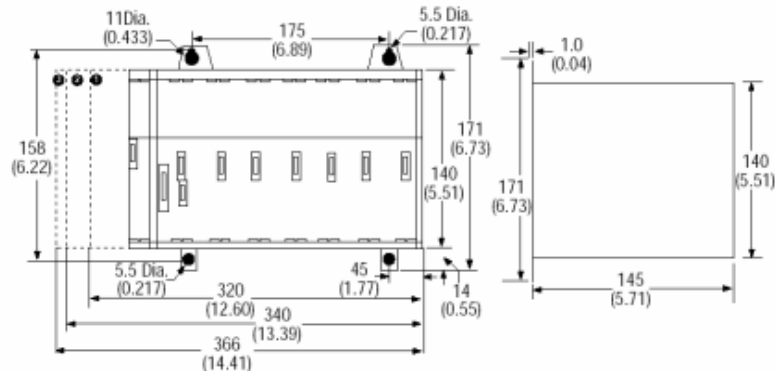


Abbildung 45 : SLC 500 – modulares 7 Slot Chassis

Außerdem stehen 7 Einschübe zur Verfügung in die Prozessoren oder E/A - Karten integriert werden können. Steckplatz 0 ist für den Prozessor reserviert. Anschließend wird die Chassis Belegung, dann die E – A Belegung gezeigt.

Steckplatz	Bezeichnung	Artikel Nr.
0	Prozessor SLC 5/05	1747-L552
1	16 digitale Eingänge	1746-IB16
2	16 digitale Eingänge	1746-IB16
3	16 digitale Ausgänge	1746-OB16
4	16 digitale Ausgänge	1746-OB16
5	Reserve	Reserve
6	Reserve	Reserve

Tabelle 8 : Chassis belegung

SLC Adresse	Messstelle	Bezeichnung
I:1.0/00	x1.01	Y-2006 Digital Out 1
I:1.0/01	x1.02	Y-2006 Digital Out 2
I:1.0/02	x1.03	Y-2006 Digital Out 3
I:1.0/03	x1.04	Y-2006 Digital Out 4
I:1.0/04	x1.05	Y-1003 Digital Out 1
I:1.0/05	x1.06	Y-1003 Digital Out 2
I:1.0/06	x1.07	Y-1003 Digital Out 3
I:1.0/07	x1.08	Y-1003 Digital Out 4
I:1.0/08	x1.09	Rheem 1 → Strom fließt
I:1.0/09	x1.10	CKK Anschlag rechts
I:1.0/10	x1.11	CKK Home Sensor
I:1.0/11	x1.12	CKK Anschlag links
I:1.0/12	x1.13	Home Sensor Star
I:1.0/13	x1.14	frei
I:1.0/14	x1.15	frei
I:1.0/15	x1.16	Rehm 2 → Strom fließt

Tabelle 9 : Steckplatz 1, 16 digitale Eingänge

SLC Adresse	Messstelle	Bezeichnung
I:2.0/00	x1.17	Näherungssensor 1
I:2.0/01	x1.18	Näherungssensor 2
I:2.0/02	x1.19	Näherungssensor 3
I:2.0/03	x1.20	Näherungssensor 4
I:2.0/04	x1.21	Näherungssensor 5
I:2.0/05	x1.22	Näherungssensor 6
I:2.0/06	x1.23	Näherungssensor 7
I:2.0/07	x1.24	Näherungssensor 8
I:2.0/08	x1.25	frei
I:2.0/09	x1.26	frei
I:2.0/10	x1.27	frei
I:2.0/11	x1.28	frei
I:2.0/12	x1.29	frei
I:2.0/13	x1.30	frei
I:2.0/14	x1.31	frei
I:2.0/15	x1.32	frei

Tabelle 10 : Steckplatz 2, 16 digitale Eingänge

SLC Adresse	Messstelle	Bezeichnung
O:3.0/00	x1.35	Y-2006 Input 1 / Eneable
O:3.0/01	x1.36	Y-2006 Input 2 / Start Indexing
O:3.0/02	x1.37	Y-2006 Input 3 / Stop Indexing
O:3.0/03	x1.38	Y-2006 Input 4 / Homing
O:3.0/04	x1.39	Y-2006 Input 5 / Preset 0
O:3.0/05	x1.40	Y-2006 Input 6 / Preset 1
O:3.0/06	x1.41	Y-2006 Input 7 / Preset 2
O:3.0/07	x1.42	Y-2006 Input 8 / Preset 3
O:3.0/08	x1.43	Y-1003 Input 1 / Eneable
O:3.0/09	x1.44	Y-1003 Input 2 / Start Indexing
O:3.0/10	x1.45	Y-1003 Input 3 / Stop Indexing
O:3.0/11	x1.46	Y-1003 Input 4 / Homing
O:3.0/12	x1.47	Y-1003 Input 5 / Preset 0
O:3.0/13	x1.48	Y-1003 Input 6 / Preset 1
O:3.0/14	x1.49	Y-1003 Input 7 / Preset 3
O:3.0/15	x1.50	Y-1003 Input 8 / Preset 4

Tabelle 11 : Steckplatz 3, 16 digitale Ausgänge

SLC Adresse	Meßstelle	Bezeichnung
O:4.0/00	x1.51	CPV10 Ventil 1 Bolzenfixierung
O:4.0/01	x1.52	CPV10 Ventil 2 Hw Fixierung
O:4.0/02	x1.53	CPV10 Ventil 3
O:4.0/03	x1.54	CPV10 Ventil 4
O:4.0/04	x1.55	CPV10 Ventil 5
O:4.0/05	x1.56	CPV10 Ventil 6
O:4.0/06	x1.57	
O:4.0/07	x1.58	
O:4.0/08	x1.59	Rheem 1 Start
O:4.0/09	x1.60	
O:4.0/10	x1.61	
O:4.0/11	x1.62	
O:4.0/12	x1.63	Rheem 2 Start
O:4.0/13	x1.64	
O:4.0/14	x1.65	
O:4.0/15	x1.66	

Tabelle 12 : Steckplatz 4, 16 digitale Ausgänge

7.2 Allgemeiner Aufbau von Schaltschrank, Aktorik und Sensorik

Zum Aufbau der Verkabelung der unterschiedlichen elektrischen Komponenten wie Steuerung- und Servotreiber, Relais und Netzteile, Sensorik und Aktorik sowie Leitungs,- und Fehlerstromschutzschalter wurden zwei Standard - Schaltschränke von Rittal eingesetzt. Bei dem eingesetzten Hauptschaltschrank handelt es sich um einen AE-1060 mit den Außenmaßen 600x600x220 (BxHxT). Ausgestattet wurde dieser mit den Leitungs,- und Fehlerstromschutzschaltern, der Versorgung mit 24VDC, Reihenklemmen und Relais sowie der SLC 500 Steuerung.



Abbildung 46 : Hauptschaltschrank

Bei dem zweiten Schaltschrank handelt es sich um einen AE 1038 mit den Außenmaßen 380x600x220 (BxHxT). In den zweiten Schaltschrank wurden die ULTRA 3000i Servotreiber und deren Filter sowie Breakout Boards zur Verdrahtung integriert. Die Hardware Maßnahmen die zur Maximierung der Störsicherheit getroffen wurden sind folgende.



Abbildung 47 : Antriebsschaltschrank

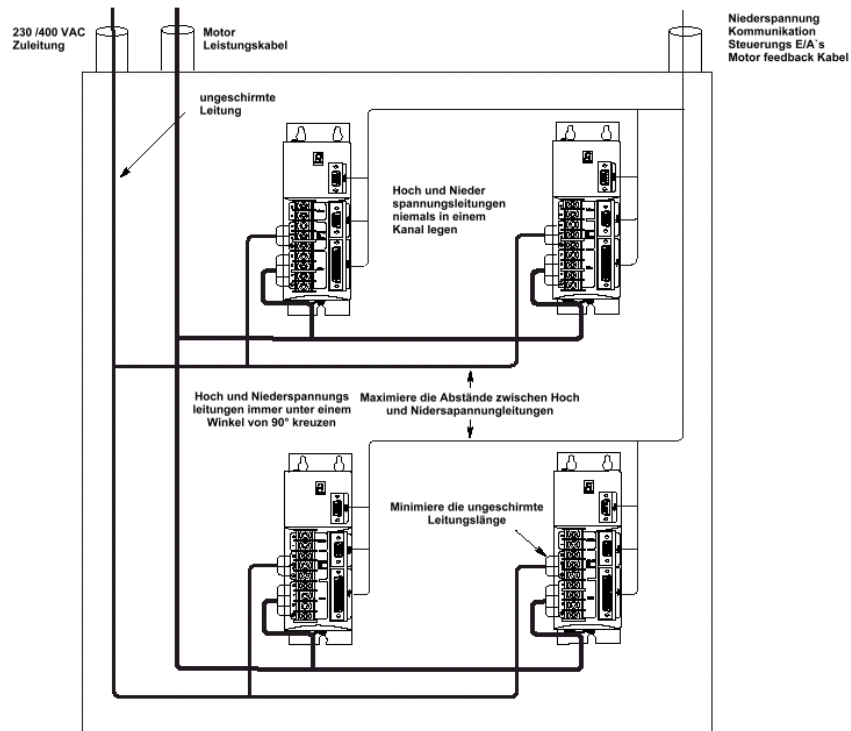


Abbildung 48 : Maßnahmen zur Maximierung der Störsicherheit

Weitere Maßnahmen die getroffen wurden um die Störsicherheit zu erhöhen sind,

- Einsatz eines differentiellen Netzwerkes (DH485) zum HMI
- Einsatz von zwei geschirmten Schaltschränken

Außerdem wurde beim Aufbau der beiden Schaltschränke darauf geachtet, dass keine Masseschleifen entstehen. Um das zu erreichen, wurden die Grundplatten der Schaltschränke an einen Erdungspunkt gelegt. Das Vorgehen hierbei wird in der nächsten Abbildung deutlich.

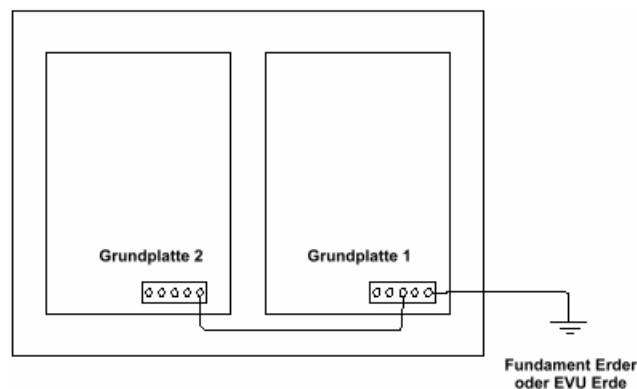


Abbildung 49 : Erden der Schaltschrank Grundplatten

Des Weiteren wurden das negative Potential der 24VDC mit dem des Schutzleiters kurzgeschlossen und PE Sternpunkte wurden so im Schaltschrank verteilt das alle Geräte mit einer kurzen PE Leitung angeschlossen werden konnten. Hierdurch wurden weitere Masseschleifen vermieden.

Um die elektromagnetische Verträglichkeit des Automaten zu erhöhen, wurden folgende Maßnahmen getroffen. Es wurde sichergestellt, dass der Einsatz der verwendeten Servotreiber beim Vorwegschalten entsprechend dimensionierter Filterglieder in Deutschland erlaubt ist. Außerdem wurden nur vom Hersteller empfohlene Leitungen und Anschlüsse verwendet. Somit wurde auch sichergestellt, dass die Schirmungen der Motorleitungen entsprechend kurz abgelängt und auf entsprechende PE klemmen gelegt wurden. Der Einsatz Vorkonfektionierter Kabel ist trotz hoher Preise für diese auch wirtschaftlich sinnvoll.

In den Schweißautomaten wurden außerdem diverse Näherungssensoren integriert. Diese haben die Aufgabe, Schaltstellungen der Mechanik zu überprüfen, Füllstände der Magazine zu erfassen, oder sie dienen als Home Sensor für die Bewegungsachsen. Die eingesetzten Näherungssensoren sind aus der Basisreihe von Pepperl Fuchs mit erweitertem Schaltabstand. Sie haben einen Schließerkontakt mit integrierter NPN – Kippstufe und LED die den Schaltzustand signalisiert. Mechanisch handelt es sich um einen 50mm langen Zylinder, auf dem ein M8x1 Gewinde aufgebracht wurde. Um den Näherungssensor in Betrieb zu nehmen muß die Betriebsspannung von 24VDC bereitgestellt werden und ein Pull-down Widerstand integriert werden. Die dafür notwendige Schaltung sieht wie folgt aus.

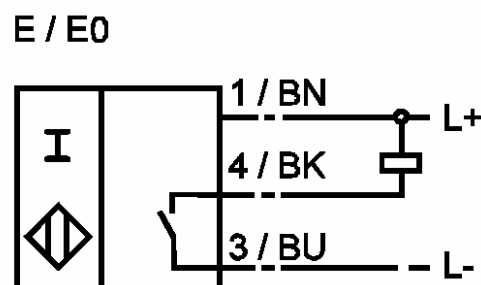


Abbildung 50 : Inbetriebnahmeschaltung für Näherungssensor

Um den Verkabelungsaufwand gering zu halten wurde eine Platine im Euroformat (100x160) entwickelt auf die entsprechende Steckerkontakte, Pull-down Widerstände und Verteilungen für Betriebsspannung gebaut wurden. Anschließend wurde die Platine in eine geschlossene Schachtel montiert und mit einer Steuerleitung an den Schaltschrank angeschlossen. Mit dem Bau einer Zentrale für die Näherungssensoren wurde zum einen die Möglichkeit geschaffen die Spannungsversorgung und die Pull-down Widerstände ordnungsgemäß unterzubringen und zum anderen wurde der Verdrahtungsaufwand minimiert.

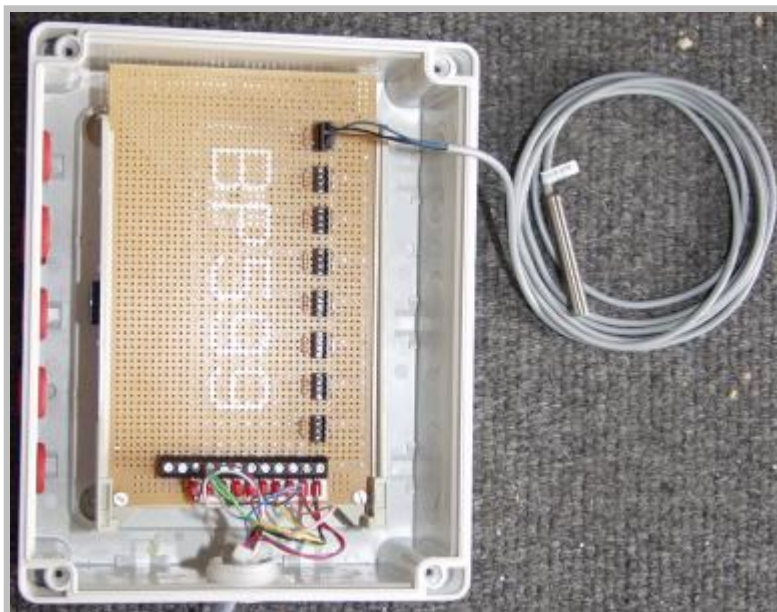


Abbildung 51 : Verdrahtung der Näherungssensoren

Durch den Einsatz standardisierter Schaltschranksystemlösungen bietet sich die Möglichkeit eine elektrische Verkabelung so aufzubauen, dass es durch die Übersichtlichkeit einem fremden Techniker schnell möglich sein sollte, mit einem ordentlichen Stromlaufplan das System zu verstehen. Es kann bei vorhanden Reserven besser Nachgerüstet werden und während der Erstellung des Schaltschranks kann besser auf die Einhaltung der beschriebenen Maßnahmen zur Maximierung der Störsicherheit und der elektromagnetischen Verträglichkeit eingegangen werden.

Die konkrete Ansteuerung der Aktorik wie etwa Schweißstromquelle, Ventilinsel oder den ULTRA Servotreibern ist in den entsprechenden Kapiteln beschrieben. Alle Details der Verkabelung sind im Stromlaufplan zu erkennen.

7.3 Auslegung der Antriebe

Die Anforderungen an die beiden Antriebe sind sehr unterschiedlich. Antrieb (A) ist ein reiner Positionierantrieb. Da seine geringe Last nur um 270° gedreht wird, wurde ein Planetengetriebe vorgeschaltet. Antrieb (B) ist ein Positionierantrieb der zusätzlich aktiv in den Fertigungsprozess eingebunden ist. Somit wird seine linear bewegte Masse besonderen Anforderungen ausgesetzt. Im folgenden wird zuerst der Antrieb (A) dann der Antrieb (B) untersucht.

7.3.1 Auslegung des Antriebes (A – Rotation)

Die Anforderungen an diesen Antrieb sind eine hohe Positioniergenauigkeit und eine maximale Drehzahl von $n=60/\text{min}$. Weitere besondere Lastverhältnisse liegen nicht vor. Es ist allerdings zu beachten, dass sich die anzutreibende Welle im Modell nur um 270° hin - und her dreht. Deshalb wurde eine Untersetzung, mit $i=50$ in Form eines Planetengetriebes vorgeschaltet. Somit kann das Antriebssystem eine maximale Dynamik gewährleisten.

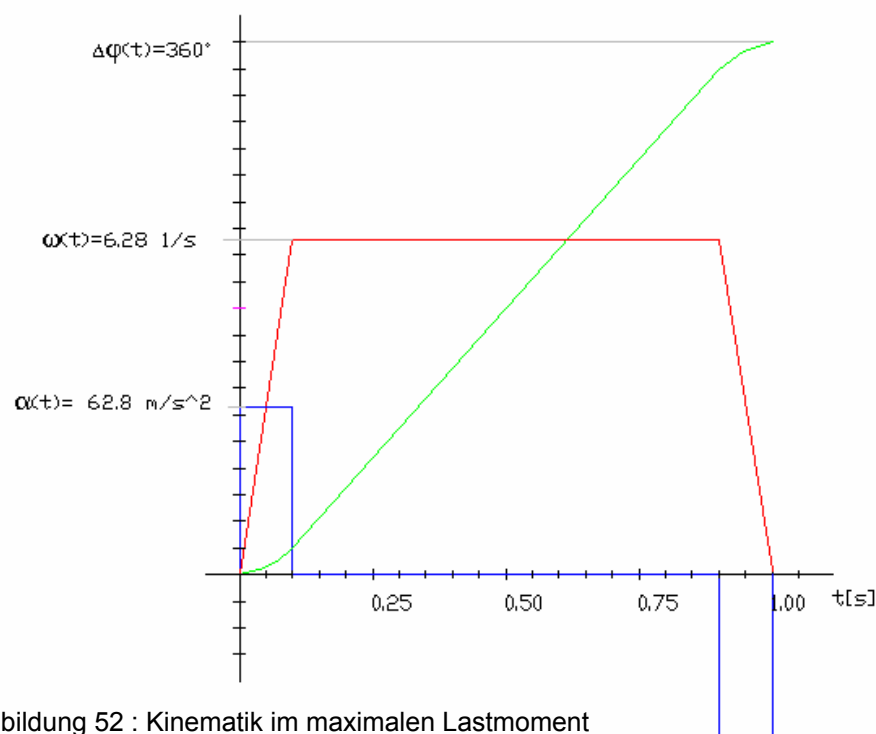


Abbildung 52 : Kinematik im maximalen Lastmoment

Um die Beschleunigungsverhältnisse untersuchen zu können, wurde eine kinematische Untersuchung der gleichmäßig beschleunigten Kreisbewegung durchgeführt. In der Abbildung sind die maximalen Beschleunigungswerte zu

erkennen. Die hierfür benötigten Kennwerte wurden so abgeschätzt, dass sie den Fertigungsprozess ermöglichen. So wurde für die max. Umdrehungszahl $n=60$ 1/min gesetzt und die Beschleunigungszeit auf $t_b=0.1$ s gesetzt.

1.) Ermittlung der Winkelgeschwindigkeit ω

$$\omega = \frac{2}{60} \pi \times n = 6.28 \left[\frac{1}{s} \right]$$

2.) Ermittlung der Winkelbeschleunigung α

$$\alpha = \frac{\omega}{t_b} = 62.8 \left[\frac{1}{s^2} \right]$$

3.) Drehwinkel bis zum Erreichen der Enddrehzahl

$$\Delta\lambda = \frac{\omega \times t_b}{2} = 0.314 [\text{rad}] \approx 18^\circ$$

Zur Dimensionierung des Antriebes wird die Summe, der vom Motor zu überwindenden Momente im maximalen Lastmoment gesucht. Das maximale Lastmoment liegt vor, wenn die Welle beschleunigt wird um die Bauteile zu positionieren (Abbildung 52). Zunächst werden die angeschlossenen Massenträgheitsmomente ermittelt und gegenüber gestellt.

1.) Ermittlung des rotatorischen Massenträgheitsmoment

- 1.1) Massenträgheit der Welle

$$J_{rw} = 7.7 \times d^4 \times l \times 10^{-13} = 20.16 \times 10^{-6} [\text{kgm}^2]$$

Die Massenträgheit der Welle ist abhängig von ihren geometrischen Abmessungen sowie von ihrer Dichte. Somit haben wir einen Durchmesser $d=16$ mm und eine Länge $l=400$ mm. Die Dichte für Eisen ist im Vorfaktor enthalten.

1.2) Massenträgheit der Anbauteile

$$J_{ra} = \rho_{tecanyl} \times (D^4 - d^4) \times l \times 10^{-13} = 494 \times 10^{-6} \text{ [kgm}^2\text{]}$$

Die Massenträgheit der Anbauteile ist ebenfalls bestimmt durch ihre äußere Form und der Dichte des verwendeten Materials. Zur Vereinfachung der Berechnung werden hierbei Formendetails wie z.B. Nuten oder Bohrungen vernachlässigt. Der Außendurchmesser $D=70\text{mm}$ und der Innendurchmesser der Anbauteile beträgt 16mm . Die Länge aller Anbauteile beträgt $l=160\text{mm}$ und die Dichte des Werkstoffes Tecanyl beträgt $\rho=1.29 \text{ kg/dm}^3$.

2.) Ermittlung des gesamten Massenträgheitsmoments

$$J_g = J_m + J_g + \left(\frac{J_{rw} + J_{ra} + J_k}{i^2} \right) = 10.8 \times 10^{-6} \text{ [kgm}^2\text{]}$$

Das gesamte Massenträgheitsmoment setzt sich aus den einzelnen Trägheitsmomenten zusammen, wobei die Summe der Massenträgheitsmomente der Abtriebseite des Getriebes durch das Quadrat der Übersetzung dividiert werden. Das Getriebe - Trägheitsmoment beträgt $5.5 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$ und das der Kupplung beträgt $5.8 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$. Die Übersetzung des Getriebes ist $i=50$ und das Massenträgheitsmoment des Motors beträgt $5.1 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$.

3.) Ermittlung des, bis auf die Motorwelle reduzierte Massenträgheitsmoments

$$J_{red} = J_g - J_m = 5.7 \times 10^{-6} \text{ [kgm}^2\text{]}$$

Das bis auf die Motorwelle reduzierte Massenträgheitsmoment symbolisiert das reine Fremd - Massenträgheitsmoment, dessen Masse vom Antrieb beschleunigt werden soll. Das bis auf die Motorwelle reduzierte Massenträgheitsmoment sollte nicht größer sein als das

Massenträgheitsmoment des Motors, aber das Verhältnis 1/8 auch nicht unterschreiten.

4.) Ermittlung des Verhältnisses J_m/J_{red}

Um die Dynamik des antreibenden Servosystems voll ausnutzen zu können wird allgemein empfohlen für reine Handlingaufgaben ein Verhältnis des Eigenmassenträgheitsmoments des Motors zu dem Fremdmassenträgheitsmoment von

$$8 \times J_m \geq J_{red}$$

einzuhalten. Um ein Nachschwingen des Reglers bei hohen dynamischen Kennwerten zu vermeiden wird allgemein für reine Bearbeitungsaufgaben ein Verhältnis J_m/J_{red} von

$$1.5 \times J_m \geq J_{red}$$

empfohlen. Der zweite, kritischere Grenzwert ist für uns die Vorgabe, die bei obiger Betrachtung eingehalten wird.

5.) Ermittlung der maximalen Motordrehzahl

$$n_m = n \times i = 3000 \text{ [1 / min]}$$

Die maximale Motordrehzahl ergibt sich aus der Vorgabe, dass die Last sich mit $n=60$ 1/min drehen soll. Das Übersetzungsverhältnis $i=50$ ergibt sich aus der Spezifikation des Getriebes.

6.) Ermittlung des maximalen Beschleunigungsmoments

$$M_b = \frac{J_g \times 2\pi \times n_m}{60 \times t_b} = 0.034 \text{ [Nm]}$$

Das Beschleunigungsmoment ergibt sich aus dem Produkt der Winkelbeschleunigung und der angeschlossenen Massenträgheit. Die Beschleunigungszeit beträgt $t_b=0.1$ Sekunde.

7.) Summe der vom Motor zu überwindenden Momente

$$M_M = M_b + M_{rl} + M_{rg} = 0.324 \text{ [Nm]}$$

Die Summe der Momente setzt sich zusammen aus dem Beschleunigungsmoment, dem Reibmoment in den Stehlagern $M_{rl}=0.24$ Nm und dem Eigenmoment des Getriebes das mit $m_{rg}=0.05$ Nm angegeben ist.

Die Einschaltdauer des Antriebs beträgt im Zyklus unter 10 %, somit brauchen die Wärmeverhältnisse am Antrieb nicht weiter untersucht werden.

Somit stehen alle benötigten Daten zur Auswahl des Antriebs zur Verfügung. Außerdem wurde sichergestellt, dass das Verhältnis der Massenträgheitsmomente im günstigen Bereich liegt.

Es wird ein Motor mit folgenden Kenndaten gesucht:

- $n > 3000$ [1/min]
- $M > 0.324$ [Nm]
- $J \sim 5^{-6}$ [kgm²]
- High End Resolver
- Bürstenlos
- Syncromotor

Die Motoren der Y – Serie von Allen Bradley verfügen über diese Eigenschaften. Die Marktrecherche über die Antriebssysteme hatte zudem ergeben, dass dieser

Hersteller einer der günstigeren ist, bei dem man aber sicher auf lebenslangen Support setzen kann. Weitere Peripheriegeräte die sich optimal mit der Steuerung verbinden lassen begünstigen die Entscheidung, den Antrieb Allen Bradley – Y – 1003 – 1 einzusetzen.

7.3.2 Auslegung des Antriebes (B – Translation)

Die Anforderungen an diesen Vorschubantrieb sind eine hohe Dynamik, eine geringe Empfindlichkeit gegenüber unterschiedlichen Last-Massenträgheitsmomenten und eine hohe Positioniergenauigkeit.

Die hohe Dynamik ist im Fertigungsprozess gefordert. Der Antrieb hat die Aufgabe den Heizwendel in den glühenden Anschlußbolzen zu tauchen. Dabei muß der Heizwendel in 0.1 Sekunde um 25 mm bewegt werden. Um den Fertigungsprozess sicherzustellen sind zusätzlich hohe Beschleunigungs,- und Verzögerungswerte gefordert. Diese sollen max. 50% der 0.1 Sekunden in Anspruch nehmen.

Die geringe Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Last-Massenträgheitsmomenten ist notwendig, da für die verschiedenen Heizwendeln verschiedene Werkzeuge notwendig sein werden. Diese verschiedenen Werkzeuge werden unterschiedlich viel Masse haben und somit den Antrieb unterschiedlich stark belasten.

Die Positioniergenauigkeit ist ebenfalls im Fertigungsprozess gefordert, denn es ist wichtig, den Heizwendel eine bestimmte Länge in den glühenden Anschlußbolzen einzutauchen.

Der Servomotor wird über eine Kupplung an ein Linearelement mit Spindeltrieb angeschlossen. Von dort aus wird die Kraft über eine Deichsel an die Last übertragen. Dieses System wird als hinreichend steif angenommen. Im folgenden ist es wichtig, den Antrieb so auszulegen, dass er die geforderten Eigenschaften erfüllt. Zur Ermittlung der technischen Eigenschaften des Antriebes wurde von Newton's Gesetzen ausgegangen. Zur Verdeutlichung der dynamischen Anforderung erfolgt zunächst eine kinematische Untersuchung der Heizwendeltrommel im maximalen Lastmoment.

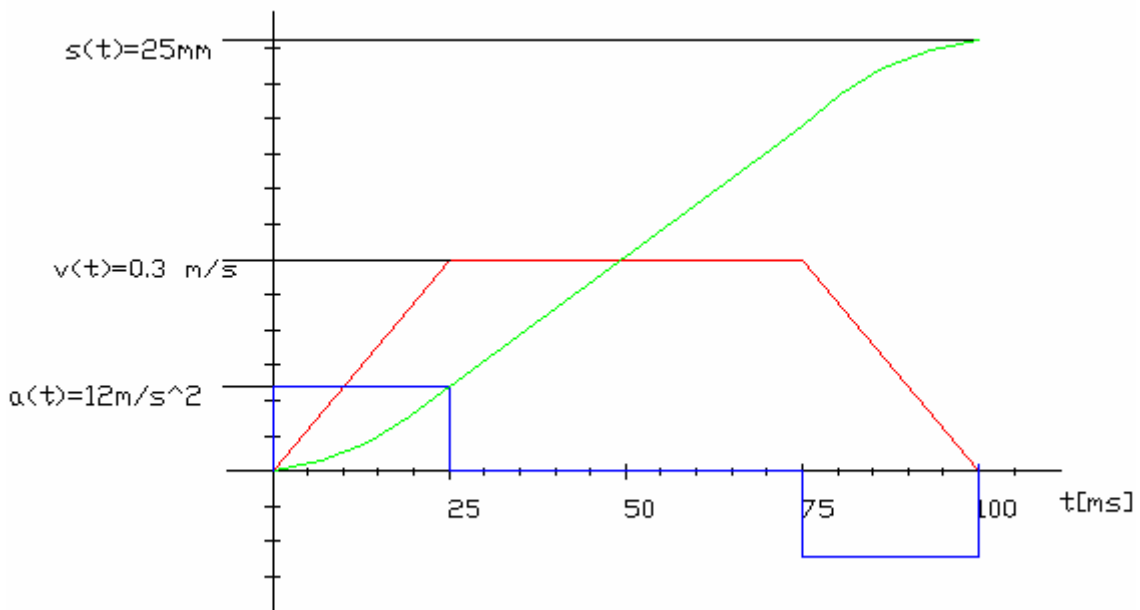


Abbildung 53 : Kinematik im maximalen Lastmoment

Das dargestellte Bewegungsprofil der Heizwendeltrommel und somit des Heizwendels wurde im Handschweißautomaten aufgenommen und ermöglicht den Fertigungsprozess. Um die Werte für Fahrtweg und Fahrtdauer im Lastmoment zu ermitteln wurden am Modell Messungen durchgeführt. Dabei ergab sich für die Fahrtdauer eine Zeit von $t=0.1\text{s}$. Die Beschleunigungszeit wurde mit 0.025s gleichgesetzt und die Fahrtstrecke im maximalen Lastmoment beträgt $s=22.5\text{mm}$.

1.) Ermittlung der maximal Geschwindigkeit V

$$V = \frac{s - (2 \times \Delta s)}{t} = 0.3 \left[\frac{m}{s} \right]$$

2.) Ermittlung der maximal Beschleunigung a

$$a = \frac{V}{t_b} = 12 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

3.) Fahrtweg bis Geschwindigkeit erreicht ist

$$\Delta s = \frac{V \times t_b}{2} = 3.75 [mm]$$

Somit stehen auch alle benötigten Daten zur Dimensionierung des Antriebs zur Verfügung.

Zur Dimensionierung des Antriebs wird die Summe der vom Motor zu überwindenden Momente im maximalen Lastmoment gesucht. Das maximale Lastmoment liegt vor, wenn die Heizwendeltrommel beschleunigt wird, um den Heizwendel in den glühenden Anschlussbolzen einzutauchen (Abbildung 53). Zunächst werden die angeschlossenen Massenträgheitsmomente ermittelt und gegenübergestellt.

1.) Ermittlung des translatorischen Massenträgheitsmoment

$$J_t = m_t \times \left(\frac{h}{2 \times \pi} \right)^2 \times 10^{-6} = 1.58 \times 10^{-6} \text{ [kgm}^2\text{]}$$

Zur Ermittlung der Massenträgheit der linear bewegten Masse wurde das Gewicht der Masse m_t mit 2.5 kg angenommen. Die Spindelsteigung h ist aus der Auslegung des Linearelements auch bekannt und beträgt 5mm.

2.) Ermittlung des Massenträgheitsmoments des Linearmoduls

$$J_{Linear} = (k_1 + k_2 \times L_{Linear}) \times 10^{-6} = 4.46 \times 10^{-6} \text{ [kgm}^2\text{]}$$

Das Massenträgheitsmoment der Spindel, Spindelmutter und deren Anbauteile wird bestimmt von Länge und Durchmesser der Spindel sowie Dimensionen der Spindelmutter und deren Führungen. Zur Ermittlung des Massenträgheitsmoments des Linearmoduls wird ein Algorithmus des Herstellers angewendet hierbei beträgt $K_1=1.6$ und $K_2=0.011$. Die Länge des Linearelements beträgt 260mm.

3.) Ermittlung des gesamten Massenträgheitsmoments

$$J_g = J_m + J_k + J_{Linear} + J_t = 33.17 \times 10^{-6} \text{ [kgm}^2\text{]}$$

Um das gesamte Massenträgheitsmoment zu ermitteln, werden die einzelnen Massenträgheitsmomente addiert. Das Massenträgheitsmoment für die Kupplung beträgt laut Datenblatt $J_k=12.13 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2$. Das Eigenmassenträgheitsmoment des Motors beträgt $J_m=15 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2$.

4.) Ermittlung des, bis auf die Motorwelle reduzierte Massenträgheitsmoments

$$J_{red} = J_g - J_m = 18.17 \times 10^{-6} \text{ [kgm}^2\text{]}$$

Das bis auf die Motorwelle reduzierte Massenträgheitsmoment symbolisiert das reine Fremdmassenträgheitsmoment, dessen Masse vom Antrieb beschleunigt werden soll.

5.) Ermittlung des Verhältnisses J_m / J_{red}

Um die Dynamik des antreibenden Servosystems voll ausnutzen zu können, empfiehlt der Hersteller des Linearelements für reine Handlungsaufgaben ein Verhältnis des Eigenmassenträgheitsmoments des Motors zu dem Fremdmassenträgheitsmoment von :

$$6 \times J_m \geq J_{red}$$

einzuhalten. Um ein Nachschwingen des Reglers bei hohen dynamischen Kennwerten zu vermeiden empfiehlt der Hersteller für Bearbeitungsaufgaben von :

$$1.5 \times J_m \geq J_{red}$$

einzuhalten. Der zweite, kritischere Grenzwert ist für uns die Vorgabe, die bei obiger Betrachtung eingehalten wird.

6.) Ermittlung der maximalen Motordrehzahl

$$n_m = \frac{V_{max} \times 6 \times 10^4}{h \times i} = 3600 \text{ [1 / min]}$$

Das Bestimmen der maximalen Motordrehzahl ist zum einen wichtig um das maximale Beschleunigungsmoment ermitteln zu können und zum anderen ist es eine Motorkennzahl, die bei der Auswahl der richtigen Antriebtype hilft.

7.) Ermittlung des maximalen Lastmomentes

$$M_L = h \times i \times \frac{m_t \times a_b}{2000 \times \pi} = 0.024 [Nm]$$

Das Lastmoment ist ein Teilmoment das vom Motor überwunden werden muss. Es meint die Beschleunigung der Last. Die Spindelsteigung beträgt $h=5\text{mm}$ und das Übersetzungsverhältnis ist 1, da kein Getriebe montiert ist.

8.) Ermittlung des maximalen Beschleunigungsmomentes

$$M_b = \frac{n_m \times J_g}{9.55 \times t_b} = 0.5 [Nm]$$

Das maximale Beschleunigungsmoment steht für die Massenträgheitsmomente die beschleunigt werden müssen. Die Drehzahl und das Massenträgheitsmoment sind bekannt. Die Beschleunigungszeit beträgt nach Abbildung $t_b=25\text{ ms}$.

9.) Summe der vom Motor zu überwindenden Momente

$$M_M = M_L + M_B + M_r = 0.674 [Nm]$$

Somit ist der gesuchte Wert ermittelt. Der Motor muss also ein Spitzenmoment vom mind. 0.674 Nm bereitstellen können. Das Reibmoment des Linearelements beträgt laut Datenblatt $M_r=0.15\text{Nm}$.

Bei der Auslegung können die Wärmeverhältnisse am Motor vernachlässigt werden, da die Einschaltzeit des Motors im Zyklus nur etwa 4% beträgt.